JOHN CASTI

O COLAPSO DE TUDO

OS EVENTOS EXTREMOS QUE PODEM DESTRUIR A CIVILIZAÇÃO A QUALQUER MOMENTO

JOHN CASTI

O COLAPSO DE TUDO

OS EVENTOS EXTREMOS QUE PODEM DESTRUIR A CIVILIZAÇÃO A QUALQUER MOMENTO

TRADUÇÃO DE
IVO KORYTOWSKI E
BRUNO ALEXANDRE

Aos conhecedores do desconhecido

SUMÁRIO

NOTA DO AUTOR

AO OLHAR RAPIDAMENTE A capa deste livro, seria fácil pensar que se trata de mais uma narrativa profética de desgraças e tragédias, um relato de apocalipses prestes a assolar a humanidade e a conduzir nosso estilo de vida de volta aos padrões da era pré-industrial. Porém, como costuma acontecer na vida, as primeiras impressões podem ser enganadoras, ou até mesmo completamente erradas. O objetivo deste livro não é apavorar ninguém. Muito pelo contrário. Mas, se aqui não se encontra uma visão infernal de um futuro próximo, o que há nestas páginas?

O livro em suas mãos relata *possibilidades*, possibilidades dramáticas, raras, surpreendentes, capazes de exercer um enorme impacto na vida humana, sobre as quais mantemos a ilusão de que não têm relação com nossos atos. Tais possibilidades costumam ser abarcadas pela expressão genérica “eventos extremos”. Prefiro chamá-las de *eventos X*. Este é um livro sobre esses acontecimentos fora do comum, aquelas surpresas que complementam tudo que se desenrola no que poderíamos chamar de âmbito da “normalidade”. Em contraposição, a esfera dos eventos X foi muito pouco explorada pela ciência, simplesmente porque seus elementos, sejam eles impactos de asteroides, crises financeiras ou ataques nucleares, são, por definição, raros e inesperados. A ciência em geral se atém ao estudo de fenômenos recorrentes. Os eventos X fogem a essa categoria, o que explica por que não existe, até o presente momento, nenhuma teoria decente que esclareça quando, como e por que eles ocorrem. Este livro é, no mínimo, uma convocação para o desenvolvimento daquilo que poderíamos batizar de “teoria da surpresa”. Podemos resumir afirmando que o principal objetivo deste livro é propor uma resposta para a seguinte pergunta: como caracterizamos o risco em situações nas quais a teoria da probabilidade e as estatísticas não podem ser empregadas?

Eventos extremos causados pelo homem, não pela natureza, são resultado de conhecimento de menos em busca de complexidade de mais em nossos sistemas humanos. Um evento X — uma revolução política, a queda da internet ou o colapso de uma civilização — é a forma que a natureza humana tem de reduzir uma sobrecarga de complexidade que se tornou insustentável. Cada parte deste livro destina-se ao esclarecimento das seguintes questões:

- Por que ocorrem os eventos X?
- Por que hoje em dia acontecem mais eventos extremos do que em qualquer outra época?

• Qual o impacto que um determinado evento X poderá ter sobre o estilo de vida do século XXI?
• Como podemos saber que o risco de um evento X alcançou um nível perigoso?
• Quando podemos fazer alguma coisa para evitar um evento extremo iminente e quando a única saída é estar preparado para sobreviver à sua ocorrência?

A resposta a cada uma dessas perguntas está, de certa forma, atrelada aos níveis exponencialmente crescentes de complexidade necessária para manter as infraestruturas básicas da vida moderna. Esse argumento é o fio condutor deste livro.

O colapso de tudo é um livro de conceitos e ideias. Para que estas páginas fossem tão acessíveis quanto possível ao leitor comum, não utilizei fórmulas, quadros, equações, gráficos ou jargões da área. (Tudo bem, há um quadro!) Em essência, o livro é uma coletânea de histórias vinculadas que, em conjunto, servem para provar que a complexidade pode matar — e matará — se a deixarmos fora de controle.

Como acontece com frequência, a visão completa dos fatos só ocorre quando se olha para trás. E a mesma coisa se dá com este livro. Depois de concluir o esboço, ocorreu-me que o volume em suas mãos é, na realidade, o segundo tomo de uma futura trilogia sobre os eventos sociais humanos, suas causas e consequências. O primeiro livro foi *Mood Matters* [Questões de humor], de 2010, que abordava a psicologia social dos grupos e como o "clima social" contamina os tipos de acontecimentos coletivos que podemos esperar em todas as escalas de tempo. O terceiro volume delineará como os eventos X podem ser, ao mesmo tempo, um problema e uma oportunidade, a parte "criativa" daquilo que o economista Joseph Schumpeter consagrou como "destruição criativa".

Os leitores que desejarem enviar comentários, ideias e/ou reclamações podem fazê-lo pelo e-mail john@moodmatters.net.

• • •

A PARTE MAIS GRATIFICANTE da conclusão de qualquer livro é a oportunidade de agradecer às pessoas que contribuíram para sua criação. Nesse aspecto, sou mais abençoado que a maioria das pessoas por ter a alegria de contar com muitos leitores para as versões "beta", pessoas que de forma incansável e generosa dedicaram seu tempo para tornar este livro algo muito melhor do que eu poderia esperar. É uma felicidade, portanto, reconhecer esses esforços nestas páginas e agradecer publicamente sua generosidade e seu discernimento. A ordem não importa: obrigado a Olav Ruud, Brian Fath, Leena

Ilmola, Jo-Ann Polise, Helmut Kroiss, Rex Cumming, Adam Dixon e Timo Hämäläinen por suas observações, sugestões e contribuições em um ou mais capítulos do livro. Um agradecimento especial aos meus parceiros mais fiéis, Trudy Draper e Zac Bharucha, que leram todas as linhas de todos os capítulos e fizeram tudo que era possível em nome dos interesses dos leitores. Qualquer ponto obscuro que permaneça no texto está lá apesar do esforço deles para me fazer corrigi-lo. Por fim, meu editor, Peter Hubbard, editor-chefe da William Morrow/HarperCollins, que com amor e firmeza me obrigou a escrever e reescrever diversos trechos até acertar. Sem seu entusiasmo e apoio constante, este livro jamais seria publicado.

John Casti
Viena, Áustria
Novembro de 2011

PREÂMBULO

QUAL É O X DA QUESTÃO

A ARMADILHA DA COMPLEXIDADE

NO INÍCIO DE 2010, o arquiteto americano Bryan Berg terminou o que ainda é considerado o maior castelo de cartas do mundo. Com mais de quatro mil baralhos, Berg construiu uma imponente réplica do Venetian Macao-Resort-Hotel, na China, com três metros de altura e nove de largura. Ao observar aquela incrível estrutura, vi ali uma espécie de metáfora do mundo altamente complexo e interligado em que vivemos hoje. Um camundongo correndo ou o espirro inoportuno de um visitante poderiam, em um segundo, botar abaixo o castelo que o americano levou 44 dias para erguer. O mesmo vale para as fragilíssimas infraestruturas das quais dependemos em nossa vida diária.

Todo o mundo industrializado está à mercê de uma injeção contínua de tecnologia cada vez mais avançada. Além disso, os sistemas que sustentam nosso estilo de vida estão completamente entrelaçados: a internet depende da rede elétrica, que por sua vez precisa do abastecimento de energia do petróleo, carvão mineral e fissão nuclear, que também depende de tecnologias de produção que, da mesma forma, exigem eletricidade. E assim nos encontramos — um sistema apoiado sobre outro que também se equilibra sobre outro, tudo interligado. A sociedade moderna é exatamente como o "cassino de Berg", em que cada nova carta se aloja sobre as outras. Um contexto bastante propício para que aquele ratinho em disparada esbarre numa carta de baixo e derrube a estrutura inteira.

Evidentemente, a fragilidade da construção é o que valoriza um castelo de cartas. Isso é ótimo — como passatempo. Mas quem deseja basear todo o seu estilo de vida num castelo de cartas? Imagine Nova York, Paris ou Moscou sem energia elétrica por um período indeterminado. Ou, pensando no longo prazo, o que aconteceria se não surgissem novas tecnologias durante uma década? O que seria do nosso padrão de vida?

Boa pergunta. O que acontece com nosso padrão de vida quando a sedutora música da tecnologia silencia? Uma pergunta ainda mais instigante: o que poderia interromper a música? Como todas as perguntas fundamentais, essa também admite respostas multifacetadas, mas todas se baseiam num motivo fundamental para explicar como e por que a tecnologia pode parar. Nas páginas deste livro, afirmo que a música para, na verdade, porque o agente de mudança, o evento X,

puxa o cabo da tomada. E esses “eventos extremos”, surpreendentes e impactantes, que desestruturam sistemas, decorrem, eles próprios, da complexidade crescente das infraestruturas tecnológicas e de outras criações humanas, as mesmas infraestruturas que sustentam o que poderia ser chamado, num eufemismo, de vida “normal”. Parte da questão aqui é demonstrar de forma indiscutível que essa suposta normalidade foi conquistada ao elevado custo de uma grande vulnerabilidade e da possibilidade de um colapso nas mãos de uma gama cada vez mais ampla de eventos X. Como se não bastasse, todos esses possíveis agentes de mudança têm a mesma raiz: um conhecimento limitadíssimo dos assombrosos e ilógicos meandros dos sistemas complexos.

Passei a maior parte da minha vida profissional explorando a complexidade em organizações como a RAND Corporation, o Santa Fe Institute e o International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). No ano de 1970, época em que obtive meu Ph.D. em matemática e comecei a pesquisar sistemas complexos, o mundo era um lugar muito diferente. Os telefones possuíam discos giratórios, os computadores custavam milhões de dólares, metade do mundo estava fechada para o livre-comércio e para viagens, e qualquer um, mesmo sem um diploma em engenharia elétrica, conseguia consertar seu velho Chevrolet ou Volkswagen. Aliás, ninguém precisa estudar teoria de sistemas para ver que nossas vidas e nossas sociedades nunca foram tão dependentes de tecnologias cada vez mais obscuras. Grande parte dessa dependência se deve à crescente complexidade da própria tecnologia. A cada ano que passa, a complexidade de nossos dispositivos e infraestruturas, desde automóveis até as finanças, redes elétricas e cadeias de abastecimento alimentar, cresce de maneira exponencial. Uma parcela desse aumento tem como objetivo garantir um nível de solidez e proteção contra falhas de sistemas, que em geral funciona apenas para abalos relativamente inexpressivos e previsíveis. Mas a maior parte não se justifica. Quem de fato precisa de uma máquina de café expresso com um microprocessador? Alguém precisa escolher entre dezessete variedades de ração para cachorro em promoção no supermercado? Será que é necessário fabricar carros que dependam de grossos manuais do proprietário para explicar como funcionam os bancos elétricos, o sistema de GPS e outras parafernálias incluídas?

Esses pequenos exemplos cotidianos de aumento de complexidade costumam ser vendidos como histórias de sucesso tecnológico. Mas serão mesmo? Seria possível alegar, com muita propriedade, que o caso aqui é de fracasso tecnológico, sucesso nenhum, se contabilizarmos o tempo que gastamos analisando os ingredientes das rações de cachorro disponíveis antes de fazermos uma escolha que é mais ilusória do que real ou se levarmos em consideração a frustração que sentimos ao folhear o manual do proprietário em busca da página que explica como acertar a hora no relógio do nosso carro novo. Mas adicionais

indesejados/desnecessários num carro novo ou diferenças quase imperceptíveis no supermercado são aborrecimentos pequenos, até mesmo ridículos. (In)felizmente, não precisamos ir muito longe para encontrar casos de excesso de complexidade que *realmente* preocupam. Basta ler a primeira página de qualquer jornal diário. Encontraremos manchetes sobre o mais recente capítulo da contínua saga do instável sistema financeiro global, o fracasso dos mecanismos de segurança em usinas nucleares e/ou a inviabilidade das negociações sobre tarifas e comércio destinadas à reestruturação do processo de globalização. Essas histórias já seriam suficientes para provocar arrepios em qualquer ser humano. Ainda mais assustador, entretanto, é o fato de que aquilo que se divulga publicamente ainda é pouco em comparação ao que de fato ocorre, como as páginas deste livro comprovarão.

A ciência da complexidade como disciplina reconhecida existe há pelo menos duas décadas. Portanto, qual a urgência de se chamar a atenção do público para a mensagem sobre complexidade e eventos extremos neste momento? A razão é muito simples: nunca antes na história da humanidade os seres humanos estiveram tão vulneráveis a um gigantesco, quase inacreditável, *downsizing* em seu modo de viver quanto hoje em dia. As infraestruturas necessárias para manter um estilo de vida pós-industrial — energia, água, comida, comunicação, transporte, saúde, segurança, finanças — são tão interligadas que, se um sistema espirrar, os outros pegam pneumonia na mesma hora. Este livro delineia as dimensões do(s) problema(s) que enfrentamos na atualidade, suas origens e o que podemos fazer para reduzir o risco de uma pane total do sistema, levando-se em consideração que, neste caso, a própria civilização humana é "o sistema".

O COMUM E O INUSITADO

COMO INTERVALO DE TEMPO entre nascimento e morte, a vida de um indivíduo, de um país ou até mesmo de uma civilização se resume a uma longa cadeia de acontecimentos. Ou, como dizem por aí, um desastre após o outro. A maioria é irrelevante. Você pede carne no restaurante em vez de lagosta; esse é um acontecimento que só interessa a você e ao cozinheiro do estabelecimento, encarregado de preparar o prato. A cidade de Viena decide interromper o tráfego de veículos na rua Graben. É um evento com consequências duradouras para quem vive no primeiro distrito de Viena e para os turistas, mas não atinge quase ninguém mais. A decisão do governo americano de invadir o Iraque afeta o mundo inteiro por décadas, talvez mais. Acontecimentos como esses, de um modo geral, a despeito do nível e da magnitude de seu impacto, são raros, no sentido de que a possibilidade de prevermos com exatidão o que acontecerá é

ínfima, praticamente nula. Mas não podem ser classificados como *extremos*. No caso dos eventos X, o que importa é o grau de imprevisibilidade dentro do contexto em que ele se manifesta, junto com seu impacto na sociedade como um todo.

Paremos um momento para desconstruir esses dois aspectos, começando pelo fato de que se trata, fundamentalmente, de um evento atípico.

EVENTOS X

QUANDO O METEOROLOGISTA DIZ que há 60% de probabilidade de chuva no dia seguinte, ele está querendo dizer que o modelo de previsão utilizado aponta que a temperatura esperada, a velocidade do vento e outros fatores previstos para o dia seguinte provocaram, no passado, chuva em 60% dos casos. Ou seja, o meteorologista está processando estatisticamente o histórico de medidas meteorológicas, em busca do número de vezes que a chuva realmente veio a cair.

A ideia de processar estatisticamente dados históricos é a base não só da previsão do tempo, mas também de um grande número de métodos e técnicas para antecipar outros fenômenos. Porém — e este é um *grande* "porém" —, os registros históricos devem ser abrangentes o suficiente para incluir o acontecimento cuja probabilidade tentamos estimar. E se não forem? E se o histórico for limitado, referir-se a uma pequena parcela da população ou simplesmente não abarcar nada parecido com o que buscamos? E aí? Como saberemos as chances de ocorrência do nosso caso específico? Esse é o domínio em que o "raro" e o "improvável" se transformam no "surpreendente". E quanto mais surpreendente, mais extremo é aquilo que realmente acontece. Eis um excelente exemplo de como lidar com o fator surpresa quando o banco de dados de possibilidades é pequeno demais e não abarca o comportamento em questão.

• • •

TODO ESPORTE PODE SER definido por algumas realizações míticas, um desempenho que, por consenso geral, permanecerá no livro de recordes até que as páginas virem pó. No caso do beisebol nos Estados Unidos, um desses marcos lendários é a façanha de Joe DiMaggio, com uma sequência de rebatidas em 56 jogos durante a temporada de 1941. A sabedoria popular considera que uma sequência de 56 jogos consecutivos com, no mínimo, uma rebatida de base por partida é algo praticamente impossível. O mesmo valeria para as chances de essa marca ser superada, já que ela costuma figurar nas listas de recordes

“inquebráveis” ou “inalcançáveis”. Mas a sequência *ocorreu*. Qual era a verdadeira probabilidade de isso acontecer? Teria sido um feliz acaso, que acontece uma vez na vida e outra na morte, como acredita a maioria dos fãs de beisebol? Ou em outro planeta do outro lado da galáxia o mesmo poderia ter acontecido várias vezes ao longo dos últimos setenta anos?

Um tempo atrás, Samuel Arbesman e Stephen Strogatz, pesquisadores da Universidade de Cornell, decidiram estudar o assunto. Para isso, prefiguraram dez mil planetas Terra paralelos, todos com os mesmos jogadores, cada um com o mesmo histórico estatístico de desempenho — mas sujeitos a diferentes caprichos do acaso de cada Terra. Em essência, o que eles fizeram foi reproduzir cada uma das temporadas, de 1871 a 2005, dez mil vezes, em busca da maior sequência de rebatidas em cada uma. Em vez de se aterem ao ineditismo da façanha de DiMaggio, os pesquisadores de Cornell voltaram-se para uma questão muito mais abrangente e interessante: quão surpreendente seria que alguém na história do beisebol (até 2005) conseguisse a marca de pelo menos 56 jogos com no mínimo uma rebatida de base cada? Resposta: nada surpreendente!

Nas dez mil temporadas paralelas, as maiores sequências de rebatidas variaram entre 39 jogos, o que é pouco, e 109 jogos, o que é incrível (e, com certeza, raríssimo). Mais de dois terços das vezes, a sequência máxima ficou entre 50 e 64 jogos. Em suma, não havia nada de muito extremo numa sequência de 56 jogos. Numa estranha coincidência numérica, DiMaggio ocupava apenas a 56ª posição na lista dos jogadores com maior probabilidade de manter o recorde de maior sequência de rebatidas na história do beisebol. Quem são os primeiros da lista? Os fãs do esporte folgarão em saber que os vencedores dessa disputa são dois jogadores da velha guarda, Hugh Duffy e Wee Willie Keeler, que juntos estabeleceram o recorde em mais de mil temporadas simuladas. No caso de jogadores um pouco mais recentes, o vencedor foi Ty Cobb, com a maior sequência de rebatidas em quase trezentas das dez mil temporadas.

O que nos importa, neste livro, é que um acontecimento aparentemente raro a ponto de merecer o rótulo de “lendário” pode ser, na verdade, algo bastante trivial — num universo diferente do nosso! O problema é que nosso banco de dados terrestre talvez seja pequeno demais para determinar o que é *realmente* raro. Portanto, o que constitui e o que não constitui um evento X é uma característica relativa, não absoluta, e seu grau de raridade depende do contexto. E não tem relação com o que você e seus companheiros de golfe consideram raro.

Ainda assim, mesmo um alto grau de improbabilidade e surpresa não é suficiente para catapultar um evento à categoria X. Para isso, precisamos de um segundo ingrediente: o impacto!

Não me parece exagero afirmar que acontecimentos memoráveis, os que realmente importam, são aqueles que, de alguma forma, mudam o destino de

uma pessoa — ou de uma nação. Essa mudança pode ser para melhor ou para pior. Mas os eventos que mudam a história são, por definição, aqueles que causam impacto. Valendo-me de nosso exemplo sobre o clima, uma previsão de chuva para amanhã tem pouco impacto e importância, a não ser para quem planejou um casamento ao ar livre ou para um agricultor preocupado com a irrigação de sua plantação. Mas, se houver um tornado, ele poderá mudar sua vida ao reduzir sua casa a pó em questões de minutos. Nesse caso, o acontecimento inusitado tem sérias consequências… e elas não são positivas. É justo chamar o tornado de evento X, pelo menos para suas vítimas. Em um nível mais amplo, o furacão Katrina foi surpreendente e provocou grande impacto sobre uma área muito maior do que a afetada por um tornado — e, portanto, é um evento ainda mais sério. Não é difícil estender essa fórmula de fator-surpresa + impacto ao domínio dos acontecimentos gerados pelo homem. Os ataques de 11 de setembro, a crise da hipoteca em 2007-2008 e o apagão da Costa Leste dos EUA em 2003 podem ser considerados eventos X.

• • •

POR QUE PENSAMOS LOGO em algo ameaçador ou destrutivo quando a expressão "evento extremo" é mencionada? Para responder a essa pergunta, consideremos mais a fundo suas três principais características.

Elas são: um *tempo de desenrolar* entre o início e o fim, um *tempo de impacto*, durante o qual seu custo ou benefício é experimentado por alguns indivíduos ou grupos, e o *impacto total*, que é a medida da magnitude geral do acontecimento, geralmente expressa em dólares ou em vidas perdidas. (Para aqueles leitores com uma mente mais analítica, incluí na seção de *Notas e referências* deste livro uma fórmula simples para medir o "fator X" de um evento numa escala de 0 [nada extremo] a 1 [o mais extremo de todos os acontecimentos possíveis]. Procurei restringir grande parte dos detalhes técnicos às notas, mas recomendo explorá-los se tiver coragem.)

Quando ouvimos o termo "evento", em geral pensamos em algo com um tempo de desdobramento curto, como um acidente de carro ou ganhar na loteria, por exemplo, provavelmente porque nossa própria capacidade de concentração é um tanto quanto curta também — característica exacerbada diariamente pelos avanços na telecomunicação e na velocidade com que se viajam longas distâncias por meio do mundo virtual. Um evento que se desenvolve com rapidez (tempo de desenrolar breve) e que causa um grande impacto com consequências duradouras (tempo de impacto longo) é algo surpreendente e cruel, difícil de antecipar. O terremoto que aconteceu no Japão em março de 2011, com o decorrente tsunami e a fusão de reatores nucleares, ilustra bem esse caso. De

acordo com a segunda lei da termodinâmica, que diz que sistemas isolados tendem a um estado de desordem máxima, é sempre muito mais fácil e rápido destruir do que construir. Portanto, acontecimentos com um desenrolar breve e grande impacto, pelo menos no que diz respeito a nações e sociedades, são quase sempre necessariamente destrutivos.

Você pode estar se perguntando se existiriam eventos X “bons”. Claro que sim! Mas atenção, diletantes e gananciosos: eles quase sempre envolvem um tempo de desdobramento bastante longo. Considere, por exemplo, o Plano Marshall, que ajudou a Alemanha Ocidental a se reerguer das cinzas após a Segunda Guerra Mundial, ou, num intervalo de tempo ainda maior, o desenvolvimento da agricultura e a domesticação de animais que possibilitaram a evolução das civilizações modernas. Da mesma forma, um medicamento ou procedimento médico inovador costuma ser resultado de anos de pesquisa, e realizações culturais, como um romance ou trabalho artístico revolucionário, são igualmente produtos de longos períodos de tentativa e erro. Esse tipo de contexto requer anos, décadas ou até mesmo séculos para se desencadear e envolve a construção ou o desenvolvimento de infraestruturas como um empreendimento, uma nação ou uma inovação tecnológica. Por isso, se os exemplos das páginas a seguir parecerem pessimistas demais, o leitor deve ter em mente que os eventos X de caráter positivo são uma realidade — não apenas neste livro! Surpresas agradáveis são sempre bem-vindas. De um modo geral, não representam ameaças. E são as ameaças ao nosso estilo de vida moderno que queremos analisar.

Agora temos uma ideia do que constitui um evento X. Embora as definições, mesmo as mais vagas, sejam úteis, o que queremos saber é como essas surpresas acontecem e o que podemos fazer para evitá-las ou, pelo menos, para nos prevenir e mitigar suas consequências negativas.

SISTEMAS EM COLISÃO

NOS ÚLTIMOS ANOS, TEMOS visto regimes tradicionais na Tunísia, na Líbia e no Egito sendo derrubados quase da noite para o dia e países como Bahrein, Iêmen e Síria sendo incendiados pelas mesmas chamas revolucionárias de rebeldes que lutam contra governos profundamente arraigados, numa tentativa de pôr fim a décadas de opressão. À primeira vista, esses tipos de agitação social dão a impressão de surgirem da insatisfação das pessoas em relação ao governo diante de altos índices de desemprego, aumento do preço dos alimentos, falta de moradia e outras necessidades básicas. Tais explicações, porém, são superficiais, pois não abordam o que está na raiz do colapso. Os conflitos civis não promovem, por si só, a mudança; são apenas um alerta precoce do evento extremo que está

por vir, a alteração do regime. A verdadeira fonte capaz de abalar os governos encontra-se nas profundezas do sistema social: um "desnível de complexidade" cada vez mais amplo entre governo e cidadãos que, quando não tem como ser transposto, acaba deflagrando as revoluções. Pense no caso de um governo autoritário que se confronta com uma população que descobriu a possibilidade de novas liberdades graças ao contato com o mundo exterior e que é coordenada por diferentes plataformas de redes sociais. O desnível entre a complexidade do sistema de controle (neste exemplo, o governo) e a crescente complexidade do sistema controlado (a população) precisa ser solucionado. Um caminho, para o governo, é a repressão — prender líderes, encarregar soldados de dispersar multidões de manifestantes e aplicar outras medidas para controlar a situação. Outra possibilidade seria intensificar a complexidade do governo de modo a acelerar a realização de eleições mais livres, eliminar depressa as restrições a uma mídia aberta e criar possibilidades de mobilidade ascendente para a população.

Essa noção de que um acontecimento extremo é a maneira que os seres humanos têm de cruzar o abismo de complexidade que separa dois (ou mais) sistemas é o *leitmotiv* de todos os eventos X causados pelo homem que analisaremos neste livro. Um evento extremo é o instrumento usado para reduzir a discrepância no nível de complexidade entre dois (ou mais) sistemas concorrentes ou mesmo associados. É o que acontece automaticamente quando os seres humanos não conseguem, de forma voluntária, reduzir um desnível crescente. Deixe-me dar apenas uma ideia de como esse princípio se manifesta, lembrando rapidamente alguns eventos X recentes em que essa desarmonia está bastante evidente.

A antiga economia do Egito, controlada pelo Estado, foi administrada de forma desenfreada e incompetente por décadas. Mesmo a visível melhoria dos últimos anos foi insuficiente e tardia demais. Além disso, o país era (e ainda é) para lá de corrupto, enquanto o capitalismo das "panelinhas" corre solto ao longo de toda a estrutura social. Um sistema de corrupção como esse se baseia em propinas a autoridades para fechar contratos, obter empregos ou encontrar moradia adequada. Pode parecer engraçado (e revelador), mas comenta-se que o Viagra, medicamento contra a impotência masculina, teria ficado fora do mercado no país porque seu fabricante, o laboratório Pfizer, não pagou uma propina alta o bastante para que o ministro da Saúde egípcio liberasse sua venda.

Esse tipo de gestão parasítica baseada na corrupção serviu para preservar um governo já pouco complexo, com raros graus de liberdade em sua estrutura ou nas maneiras de lidar com os problemas sociais emergentes. Enquanto a população egípcia dispunha de meios ainda mais limitados para expressar sua insatisfação em relação a falta de moradia, aumento do preço dos alimentos, sistema de saúde etc., o governo não tinha motivação para criar a(s) estrutura(s)

necessária(s) para fornecer tais serviços. Evidentemente, havia um ministério encarregado da saúde, por exemplo, mas a pasta não passava de sinecura para burocratas de carreira e comparsas de quem estava no poder, oferecendo serviços de saúde somente como uma espécie de “extra opcional”, nas horas vagas. Quem esperaria que isso pudesse mudar enquanto a gama de ações disponíveis aos cidadãos fosse mantida num nível baixo (de baixa complexidade), muito mais baixo do que o do próprio governo? Mas os tempos mudam. Quando a tecnologia moderna — seja a comunicação global imediata, a disseminação da educação superior ou o transporte rápido — começou a adentrar o mundo árabe, os cidadãos, de uma hora para outra, ganharam poder. Àquela altura, a mensagem já estava clara (mais precisamente, veiculada no Facebook) para os regimes enraizados em toda a região.

A comunicação moderna e as redes sociais como Google, Twitter e Facebook ajudam a aumentar drasticamente a complexidade social — mas agora é a complexidade da população como um todo que se acentua, e não a do governo. É por isso que esses serviços são limitados ou até mesmo cortados quando os governos estão sob ataque, como aconteceu quando as autoridades egípcias tiraram a internet do ar por alguns dias para impedir que mais pessoas se expressassem e que novos grupos se organizassem por meio das redes sociais. Chega um ponto em que o desnível entre a estagnação da complexidade do governo e o crescimento da complexidade da população se torna grande demais para ser sustentado. O resultado? Mudança de regime na Tunísia, na Líbia e no Egito, junto com a provável queda da dinastia Assad na Síria e/ou da monarquia do Bahrein.

Um teórico de sistemas complexos logo reconhece que o princípio aqui presente é o que se denomina *lei da complexidade necessária*. Segundo essa “lei”, para poder regular/controlar totalmente um sistema, a complexidade de quem controla deve ser no mínimo do mesmo tamanho da complexidade do sistema controlado. Dito de maneira mais simples, somente a complexidade pode destruir a complexidade. Uma conclusão óbvia disso é que, se o desnível entre complexidades for grande demais, haverá problema e, no mundo da política, “problema” geralmente se soletra como “r-e-v-o-l-u-ç-ã-o”.

Exemplos desse descompasso são abundantes. Considere o Império Romano, em que as classes dominantes se valiam de poder político e militar para controlar as classes mais baixas e dominar seus vizinhos a fim de obter receitas de impostos. Em última instância, todos os recursos da sociedade eram consumidos apenas para manter aquele vasto e crescente império, que se tornara complexo demais para ser viável. A antiga civilização maia é outro bom exemplo, assim como a antiga União Soviética. Alguns acadêmicos, entre eles o historiador Paul Kennedy, afirmam que o império americano, que gasta mais de 23 bilhões de dólares por ano em ajuda externa e consome muito mais do que

exporta, está em processo de dissolução exatamente pelo mesmo motivo.

Esse tipo de desacerto não se restringe apenas aos desníveis de complexidade nos planos político e governamental, como evidenciado pela interrupção da rotina no Japão resultante da radiação emitida pelos reatores de Fukushima Daiichi depois do terremoto de março de 2011. A verdadeira causa desse descontentamento social é um "defeito de projeto", porque o tsunami criado pelo terremoto derrubou os muros de contenção projetados para proteger os reatores da água do mar. A inundação danificou os geradores elétricos de reserva destinados a, em casos de emergência, fornecer energia para bombear água a fim de esfriar as varetas de combustível nuclear dos reatores. Existem dois aspectos no problema: primeiro, os projetistas planejaram a altura dos muros para um tremor de 8,3 graus de magnitude, o maior que o Japão já havia experimentado, sem considerar a possibilidade de um sismo mais intenso. Pior ainda, os geradores estavam localizados num nível baixo, em que qualquer enchente causaria curto-circuito. E não só isso. De acordo com alguns relatos, o próprio tremor rebaixou o nível do solo em sessenta centímetros, agravando o problema. Ou seja, tudo dependia de os muros de contenção fazerem a sua parte, o que não aconteceu! Esse é um caso de complexidade de menos no sistema de controle (a combinação da altura do muro com a localização dos geradores) sendo literalmente avassalada pelo excesso de complexidade no sistema a ser controlado (a magnitude do terremoto e do tsunami que se seguiu).

Neste exato momento, um analista de risco comum de uma companhia de seguros ou um banco talvez esteja se perguntando: Qual a novidade? Se quisermos avaliar o risco de determinado evento Y acontecer, calculamos a probabilidade de Y acontecer, avaliamos o dano causado se Y realmente acontecer e multiplicamos esses dois números. O resultado mostra o dano esperado caso Y aconteça. Esse é o *risco*. Sem confusões nem complicações. Então o que estou apresentando aqui de diferente? Para aqueles leitores que pularam as primeiras páginas desta introdução, vou resumir por que essa pergunta do analista de risco é a pergunta certa a fazer no caso de acontecimentos "normais" — e por que é menos adequada, até mesmo perigosa, no caso de eventos extremos. Veja a seguir.

Primeiro, a própria raridade de um evento extremo significa que não existe um banco de dados de ações e comportamentos passados com riqueza suficiente para podermos calcular *com alguma precisão* a probabilidade de Y realmente acontecer. Embora os teóricos da probabilidade e os estatísticos tenham desenvolvido uma série de ferramentas engenhosas — como a teoria da probabilidade subjetiva, a análise bayesiana e estatísticas aplicadas a acontecimentos extremos — para tentar contornar esse obstáculo, o fato é que precisar a probabilidade de um evento raro continua sendo impossível. Caso contrário, os Estados Unidos não precisariam enfrentar a Grande Recessão de

2007-2008, o apagão da Costa Leste de 2003 e a devastação de Nova Orleans provocada pelo furacão Katrina — e as pessoas não ficariam imaginando quando o próximo choque radical apareceria, pegando-as desprevenidas. Portanto, quando se trata de eventos X, precisamos inventar/descobrir formas de medir o risco que levem em conta o que queremos dizer quando falamos que a probabilidade de esse choque acontecer atualmente é muito maior do que antes. Minha intenção em relação a essa questão é demonstrar que o nível de desacerto da complexidade entre sistemas de infraestrutura humana serve como medida para isso.

O segundo componente envolvido numa análise de risco convencional, aplicável a acontecimentos normais, é o dano que determinado evento pode causar à sociedade caso se concretize. A única dificuldade é que, na ocorrência de um abalo inédito, será extremamente problemático avaliar os danos reais. Para realizar tal avaliação, em geral precisamos comparar um cenário hipotético com eventos comparáveis do passado. Mas como aplicar esse processo se não houver nenhum registro histórico em que se basear? Conforme demonstrado ao longo de todo este livro, quando o mundo real não nos fornece os dados necessários, precisamos construir no computador um mundo substituto para obtê-los, como Arbesman e Strogatz fizeram para estudar o caso da "insuperável" sequência de rebatidas de Joe DiMaggio no beisebol. Essa abordagem, repito, é muito diferente dos métodos empregados para estudar acontecimentos normais.

Em suma, há dois tipos diferentes de regime em questão. Há o *regime normal*, formado por eventos que aconteceram muitas vezes no passado e sobre os quais existe um bom conjunto de dados disponíveis para calcularmos probabilidades e possíveis danos, e o *regime de eventos X*, para os quais nossas ferramentas de cálculo simplesmente não servem. Este livro oferece uma perspectiva para se criar uma estrutura que complemente o que costuma ser usado para calcular riscos no regime normal. Apresento essa linha de raciocínio, com preceitos e exemplos, nas próximas duzentas páginas, deixando os detalhes técnicos para um programa de pesquisa a ser desenvolvido em anos vindouros.

Depois de tratar dos desníveis de complexidade e dos eventos X resultantes, gostaria de traçar um breve panorama das três partes que constituem este livro.

TRÊS PARTES SIMPLES

A FRASE DE ABERTURA do texto *De Bello Gallico*, de Júlio César, proclama: "Toda a Gália é dividida em três partes." O mesmo acontece com este livro. A Parte I aborda a relação entre complexidade e eventos extremos, aprofundando o que foi desenvolvido nessas primeiras páginas. Ali, faço uma distinção entre as surpresas desagradáveis da natureza e aquelas causadas por desatenção, inação,

engano, estupidez ou mera maldade humana.

O prato principal está na Parte II, dividida em onze pequenos blocos, cada um com a história de um possível evento X e seu impacto na vida diária caso ele se concretize. Escolhi esses exemplos de modo a abranger a maior gama de atividades humanas possível, evitando territórios já explorados à exaustão nos últimos anos pelos "eventos extremos *do dia*", como o colapso financeiro global de 2007-2008 ou a crise dos reatores nucleares japoneses de 2011. Portanto, a Parte II inclui temas como um colapso no sistema de abastecimento mundial de alimentos, uma pane total da internet, uma pandemia global e até mesmo o fim da globalização. De um modo geral, essas histórias podem ser lidas em qualquer ordem, de acordo com o gosto e o interesse do leitor. Em conjunto, porém, elas retratam como a sustentabilidade do estilo de vida a que estamos acostumados é ameaçada por uma gama variada e grave de eventos X.

O final, na Parte III, junta as questões e problemas teóricos da Parte I com os exemplos práticos da Parte II, para lidar com a questão central de como podemos prever os eventos X e talvez até controlá-los — em alguns casos. De forma mais específica, examino até que ponto podemos intensificar o foco no tempo e no espaço em que um determinado elemento transformador começa a apresentar o verdadeiro perigo de se concretizar. Analiso também os tipos de indício "fraco" que servem como aviso para um abalo iminente, além de métodos para pincelar esses indícios da avalanche de besteiras que se fazem passar por informação no dia a dia. O livro se encerra com alguns conselhos preventivos para deixar as sociedades mais preparadas para eventos extremos, incluindo a criação de sistemas sociais mais flexíveis e de infraestruturas menos frágeis.

PARTE I

POR QUE O NORMAL JÁ NÃO
É MAIS TÃO "NORMAL

DO NADA

EM AGOSTO DE 2011, a notícia do momento era a ameaça representada pelo furacão Irene para a vida dos nova-iorquinos. Se os acontecimentos seguissem o roteiro previsto, Manhattan e outras regiões baixas poderiam ser totalmente inundadas, o que interromperia o sistema de transporte público, o funcionamento da bolsa de valores, as redes de abastecimento de água e alimentos e outros requintes da vida urbana da Grande Maçã. Por sorte, Irene perdeu a força antes de dar esse golpe devastador e o resultado foi apenas um pouco pior do que o causado por uma forte tempestade de verão. Ou seja, a população de Manhattan escapou de uma boa, e o alarde da mídia limitou-se a um exagero de reações diante das possíveis ameaças apresentadas pelo Irene. Mas um dia a conta terá de ser paga efetivamente, como aconteceu em Nova Orleans com o furacão Katrina em 2005, mostrando que o exagero e a prudência quase paranoica são os dois lados da mesma moeda.

Evidentemente, acreditar que o céu está caindo é um mecanismo de defesa bastante conhecido quando nos deparamos com uma ameaça muito além de nossa zona de conforto e de nossos conhecimentos, situação em que só conseguimos correr de um lado para outro como baratas tontas, esperando que tudo desapareça. Em geral, a ameaça desaparece, mas nem sempre, e são esses casos de “nem sempre” que não apenas ganham as manchetes dos jornais como também nos obrigam a encarar os incômodos das ameaças existenciais ao nosso estilo de vida habitual. E isso não é brincadeira. Eventos extremos acontecem — e podem causar um estrago que somente um escritor de ficção científica ou um produtor de filmes de Hollywood poderia conceber. Mas não se trata de um reality-show. É a realidade. Eis alguns exemplos a título de introdução às histórias contadas nas páginas deste livro.

• • •

HÁ CERCA DE 74 mil anos, no lugar que hoje é a ilha de Sumatra, na Indonésia, o supervulcão Toba entrou em erupção com uma força que não pode ser comparada a nada ocorrido no planeta desde a época em que os seres humanos passaram a andar eretos. Apenas para fins de comparação, a erupção do Krakatoa em 1883 teve uma força explosiva de 150 megatons de TNT, o equivalente a dez mil vezes a força da bomba atômica que devastou Hiroshima. A explosão do Toba, segundo estimativas, teve uma força de um *gigaton*, quase seis vezes superior à do Krakatoa e três mil vezes maior do que a energia gerada pela erupção do monte Santa Helena em 1980.

Na época da erupção do Toba, a Terra era habitada pelo homem de Neandertal, ao lado do *Homo sapiens* na Europa e do *Homo erectus* e do *Homo floresiensis* na Ásia. A última Era Glacial estava no auge, com mamutes peludos e tigres-dentes-de-sabre como prato do dia no cardápio humano. O vulcão mudou tudo — de uma hora para outra.

Além das gigantescas ondas do tsunami, os quase três mil quilômetros cúbicos de poeira vulcânica e fragmentos de rocha lançados na atmosfera reduziram a radiação solar de forma tão drástica que as plantas não conseguiram sobreviver. A temperatura média mundial caiu para (note-se: não *em*, mas *para*) –15°C, transformando o verão em inverno e o inverno num frio congelante.

Hoje, estima-se que no total sobraram apenas alguns milhares de sobreviventes humanos, e a maioria vivia em pequenos grupos na África. Tal estimativa é resultado do trabalho minucioso de dedicados acadêmicos que examinaram amostras de DNA daquele período. Os pesquisadores verificaram que as amostras genéticas do mundo inteiro teriam sido bem diferentes se os seres humanos tivessem conseguido se desenvolver sem as dificuldades criadas pelo Toba em todo o planeta. Os seres humanos de hoje descendem daqueles resistentes sobreviventes. A jornalista especializada em ciência Ann Gibbons sugeriu em 1993 que o vulcão Toba foi responsável pela quase extinção da humanidade, hipótese prontamente encampada por pesquisadores como Stanley Ambrose, da Universidade de Illinois, que desenvolveram teorias e pesquisaram dados para respaldar a ideia de Gibbons.

"Quase", porém, não é fato, e mesmo um poderoso vulcão como o Toba não seria capaz de varrer totalmente os seres humanos da face da Terra. Foi uma catástrofe monumental, sem dúvida, mas não enviou a humanidade para o cemitério da história. O que *poderia* levar ao seu real desaparecimento?

Para se ter uma ideia de que tipo de acontecimento poderia dar fim à presença do *Homo sapiens* no planeta, basta ir à ala mais popular do museu de história natural de sua cidade. Cerca de 65 milhões de anos atrás, uma bola de fogo de nove quilômetros de diâmetro chocou-se contra o que hoje é a península de Yucatán, no México, a uma velocidade de trinta quilômetros por *segundo*. Esse NEO (sigla de *near-earth object*, isto é, objeto próximo da Terra) criou algumas das ameaças à vida que um supervulcão gera — bolas de fogo, maremotos, explosões etc. —, mas numa escala que ofusca até o maior de todos. Para se ter uma noção de como seria se um colosso desses atingisse a Terra hoje, eis um cenário plausível.

Primeiro, a explosão local literalmente aniquilaria tudo nos arredores do impacto, gerando uma onda de choque que se irradiaria por centenas de quilômetros e destruiria tudo o que encontrasse pela frente. O fogo se espalharia por aproximadamente oitocentos quilômetros em todas as direções. E isso sem falar do incêndio global que resultaria da grande quantidade de fragmentos de

rocha lançados na atmosfera, que choveriam sobre todo o planeta. A energia liberada pelo impacto provavelmente elevaria as temperaturas da superfície da Terra a níveis insuportáveis. É importante lembrar que os detritos lançados na atmosfera bloqueariam os raios de sol, produzindo um congelamento mundial logo em seguida, e que as maciças ondas de choque, ao atravessar todo o planeta, poderiam também desencadear atividades vulcânicas como efeito colateral.

Esses efeitos são mais do que suficientes para explicar o fim dos dinossauros, que dominaram todas as formas de vida sobre a Terra por 170 milhões de anos. Seu desaparecimento abriu um nicho ecológico para alguns pequenos mamíferos peludos, do tamanho de ratazanas, que com o tempo evoluíram e se transformaram em… seres humanos. Uma coisa é certa, porém: um objeto como aquele, se caísse em nosso planeta hoje, acabaria com a civilização. É mais do que concebível que qualquer animal terrestre maior do que um gato morreria. Mas quem sabe ao certo? Afinal de contas, os dinossauros não tinham como guardar alimentos enlatados, sacos de milho ou garantir um suprimento de água potável num abrigo subterrâneo nas profundezas da terra. Algumas pessoas, então, talvez conseguissem sobreviver a um evento dessa magnitude, mas isso não parece ser o mais provável. Além disso, quem iria querer viver num mundo em que os sobreviventes, com quase toda certeza, invejariam os mortos?

Em nossa forma atual, nós, seres humanos, existimos há algumas centenas de milhares de anos. Evidentemente, um caso como o do asteroide que caiu na península de Yucatán acontece apenas uma vez em centenas de milhares de anos. Mas o que são centenas de milhares de anos em comparação com o período de quase duzentos milhões de anos de existência dos dinossauros antes de saírem de cena?

Eis a realidade: desastre, catástrofe, extinção. Pode escolher. O leitor atento deverá ter observado que todos os eventos X que apresentei até agora têm uma causa em comum: a natureza. Terremotos, vulcões, choques de asteroides e outros acontecimentos do gênero estão fora do âmbito da ação humana, tanto como causa quanto em relação à sua intervenção. Somos bastante impotentes para influenciar os desígnios da natureza. Se não tivermos sorte, teremos de fechar as portas, apagar as luzes e declarar que a festa acabou. Por isso, embora essa espécie de intervenção da natureza seja útil como pano de fundo para a história que conto neste livro, a parte mais interessante e relevante dessa história para a humanidade é o outro lado da moeda: as catástrofes causadas pelo homem, talvez intensificadas pela natureza. Examinemos alguns exemplos causados pelo homem, análogos àqueles provocados pela natureza aqui citados, apesar de muito menores no quesito impacto. Começo com alguns casos hipotéticos, para ilustrar a gama de possibilidades existentes, e depois passo para exemplos reais.

O FATOR HUMANO

CONSIDERE OS SEGUINTES EVENTOS:

- Uma virulenta cepa da gripe aviária atinge os seres humanos em Hong Kong, espalha-se por toda a Ásia e acaba matando mais de cinquenta milhões de pessoas.
- Um terremoto de magnitude 8 em Ginza, Tóquio, mata dois milhões de pessoas e gera um prejuízo material de trilhões de dólares.
- Abelhas começam a morrer em grandes quantidades, interferindo na polinização de plantas do mundo inteiro e deflagrando uma escassez global de alimentação.
- Terroristas detonam uma arma nuclear na Times Square na hora do rush, arrasando grande parte de Manhattan, matando meio milhão de pessoas e reduzindo Nova York a escombros de forma permanente.
- Um carro-tanque cheio de cloro tomba no Rio de Janeiro, derramando seu conteúdo e matando mais de cinco milhões de cariocas.

Essa lista poderia continuar indefinidamente. A questão é que acontecimentos inesperados capazes de matar milhões de pessoas, ou mesmo centenas de milhões, estão bem dentro dos domínios do possível. Além disso, mesmo sem grandes perdas humanas, o estoque de capital é destruído, atrasando o desenvolvimento do mundo todo por décadas. Nenhum dos itens da lista acima é impossível. Aliás, alguns deles, como o derramamento de um produto químico mortífero, já aconteceram várias vezes.

Os seres humanos nunca foram tão vulneráveis aos eventos X quanto hoje. As complexas infraestruturas das quais dependemos no cotidiano — transporte, comunicação, abastecimento de água e comida, energia elétrica, sistema de saúde, entre outras — são mais frágeis do que imaginamos, conforme se verifica quando ocorre uma pequena falha nos sistemas de distribuição. Quais são as causas dessa grande fragilidade e de nossa consequente vulnerabilidade? Existe uma forma de realmente entender esses acontecimentos e, não sendo possível controlá-los, ao menos prevê-los? Para responder a essas perguntas, precisamos saber um pouco a respeito das causas básicas que dão origem a tais eventos e determinar se elas são algo inerente ao funcionamento das infraestruturas em si ou se são algo que podemos prever e, até certo ponto, controlar.

Como demonstro ao longo de todo o restante do livro, a causa subjacente dos eventos extremos está diretamente relacionada à crescente complexidade de nossa sociedade global. Essa complexidade se manifesta de diversas maneiras.

Pode resultar da grande vinculação entre infraestruturas, que transmite o tremor de uma parte a outra do sistema, quase sempre na velocidade da luz. Literalmente. Às vezes a complexidade se revela como camadas sobrepostas de burocracia, até que o sistema não suporta mais o peso — o que denominarei de "sobrecarga de complexidade" nas páginas a seguir. Em outras ocasiões, não existe um problema numa infraestrutura específica. O que há é um "descompasso" de níveis de complexidade entre dois ou mais sistemas interativos, como o governo de um país e seus cidadãos. De qualquer modo, os sistemas com os quais contamos no dia a dia não têm como funcionar se forem complexos demais. Portanto, quando o nível de complexidade ou o descompasso se torna maior do que aquilo que o sistema consegue suportar, é necessário reduzir a complexidade para corrigir a situação. Um evento X é simplesmente a forma que o sistema tem de restaurar seu equilíbrio sustentável.

Esse ato de equilíbrio será nosso *leitmotiv*. Nosso destino está vinculado a isso. Se o processo falhar, a humanidade vai junto. O mais assustador é que os sistemas que sustentam o estilo de vida do século XXI não são tão sólidos quanto gostaríamos de imaginar. Sobre essa questão, apresento aqui um punhado de exemplos mais detalhados de colapsos de sistemas humanos, o que sugere nossa vulnerabilidade caso uma sobrecarga de complexidade venha a atingi-los.

• • •

DE ACORDO COM UMA notícia publicada no *Los Angeles Times* em 2004, uma grande pane no sistema de controle de tráfego aéreo no sul da Califórnia ocorreu, em parte, devido a uma "irregularidade de projeto" no modo como eram integrados os servidores Windows da Microsoft. O rádio ficou sem funcionar por mais de três horas, deixando oitocentos aviões em pleno voo sem contato com a central de controle de tráfego aéreo, o que, segundo a Federal Aviation Administration (FAA, Administração Federal de Aviação), acabou causando pelo menos cinco casos de aproximação excessiva entre aeronaves. Os controladores de voo tiveram de recorrer a seus próprios telefones celulares para transmitir alertas a colegas de outras localidades e assistiram a situações que por um triz não se transformaram em acidentes sem ter condições de alertar os pilotos.

No final, a FAA concluiu que a pane se deveu a uma combinação de falha humana e problema de projeto nos servidores Windows introduzidos nos três anos anteriores para substituir os antigos Unix. Os servidores são programados para fechar após 49,7 dias de uso, para prevenir uma sobrecarga de dados, segundo informações de um dirigente do sindicato dos aeroviários ao *Los Angeles Times*. Para evitar esse desligamento automático, os técnicos devem reiniciar o sistema manualmente a cada trinta dias. Um funcionário destreinado esqueceu-se de

reiniciar e deu no que deu, disse o sindicalista. O sistema parou de funcionar "de uma hora para outra". Os sistemas de backup também não ajudaram, por causa de um defeito no software.

Três anos mais tarde, em junho de 2007, um sistema de computadores em Atlanta que processa os planos de voo dos pilotos e os envia aos controladores de voo também pifou, desencadeando uma série de defeitos semelhantes em todo o país. Centenas de voos sofreram atrasos ou até cancelamentos nos aeroportos de Nova York. Um ano depois, o mesmo computador em Atlanta enguiçou de novo. O problema ocorreu durante um trabalho de rotina do software, fazendo com que o computador transferisse os dados para outro sistema de controle localizado em Salt Lake City. Só que o sistema de Utah ficou sobrecarregado com a grande quantidade de informações e não teve como processar todos os planos de voo existentes. Resultado? Nenhum plano de voo foi processado, e os controladores ficaram sem saber as rotas dos aviões e os horários de pouso e decolagem. Àquela altura, todas as decolagens foram canceladas e o tráfego aéreo ficou paralisado.

Mas a questão de erros humanos nos céus certamente não se restringe a mal-entendidos e computadores velhos. Em setembro de 2010, um avião da companhia US Airways, com 95 pessoas a bordo, chegou a quinze metros de distância de um pequeno avião de carga ao decolar do aeroporto de Minneapolis, e poucos meses depois um voo da American Airlines com 259 pessoas a bordo quase colidiu em Nova York com dois aviões de carga da Força Aérea. Mais tarde, um controlador de tráfego aéreo do centro de radares de Ronkonkoma, Nova York, que cuidava do avião da American, reclamou do clima pouco profissional e desleixado do local. E olha que não estamos falando de um centro qualquer, mas do segundo maior centro de radares de tráfego aéreo dos Estados Unidos.

Eu poderia contar muitas histórias como essas, assim como outras ainda mais interessantes, de controladores que pegaram no sono na torre e outras fraquezas puramente humanas, o que torna o céu um lugar cada vez menos seguro para os viajantes de hoje. Os dados estatísticos confirmam esse quadro aterrador, com quase o dobro de relatos de erros de controladores de tráfego aéreo de 2009 a 2010, sem que uma solução esteja à vista. Felizmente, a maioria não se enquadrava na categoria dos erros mais graves, aqueles que requerem dos pilotos medidas de emergência. Mesmo assim, os erros notificados aumentaram de 37 em 2009 para 44 em 2010. Ou seja, ainda existem boas razões para se preocupar com a possibilidade de que um autêntico evento X seja capaz de interromper por completo todo o funcionamento do sistema de tráfego aéreo. Ele é bastante frágil, equilibrado à beira de um desnível de complexidade entre as companhias aéreas, que querem aumentar a quantidade de voos e agrupá-los segundo horários de viagem convenientes, e a necessidade dos controladores de

zelarem pela segurança do espaço aéreo. Como as histórias demonstram, esse desnível parece se ampliar a uma velocidade impressionante.

• • •

NO DIA 24 DE fevereiro de 2010, a polícia grega lançou bombas de gás e enfrentou manifestantes no centro de Atenas após uma passeata organizada por sindicatos contrários ao programa governamental de cortes do maior déficit orçamentário da União Europeia. O presidente de um grande sindicato declarou: "O povo na rua transmitirá uma forte mensagem ao governo, mas principalmente à União Europeia, aos mercados e a nossos parceiros na Europa, de que as pessoas e suas necessidades têm de estar acima das demandas de mercado. Não criamos a crise." Mais tarde, os controladores de voo, coletores de impostos, maquinistas, médicos de hospitais públicos e professores de escola primária também saíram às ruas para protestar contra os cortes de gastos do governo. Os jornalistas também se juntaram ao movimento, agravando em muito a situação.

Esse bafafá na Grécia é um exemplo perfeito de agitação civil que se transforma em distúrbio civil, exigindo a intervenção das autoridades para a manutenção da ordem pública. Só a título de esclarecimento, um distúrbio civil pode assumir muitas formas: descontentamento de trabalhadores, greves, tumultos, manifestações de protesto, até verdadeiras rebeliões que levam a revoluções políticas. Os contextos que desencadeiam tais distúrbios podem ser: tensão racial, conflitos religiosos, desemprego, falta de bens e serviços como alimento, água e transporte, ou medidas políticas impopulares, como a guerra do Vietnã e a invasão do Iraque.

Numa rápida avaliação de como um clima cada vez mais negativo numa população pode resultar em agitação social, veremos que os distúrbios civis surgem de diversas formas. A situação da Grécia descrita acima é um ótimo exemplo do que pode acontecer em decorrência de um abalo relativamente menor no setor financeiro. Se o incidente ocorrer num momento em que o país está à beira de um colapso, como no caso da Grécia (e talvez da Espanha, de Portugal e da Itália), um pequeno empurrão (aqui, das autoridades financeiras da União Europeia) pode fazer com que ele despenque ladeira abaixo. Os acontecimentos de janeiro de 2011 na Tunísia, no Egito e mais tarde na Líbia e na Síria não me deixam mentir.

Poderíamos nos perguntar quais as possíveis consequências de um verdadeiro choque, em contraposição a um clima social de deterioração gradativa. Considere, por exemplo, o terremoto de janeiro de 2010 que destruiu Porto Príncipe, capital do Haiti, país com um dos menores índices de renda per

capita do mundo. Ou imagine a desordem social que se instalaria caso a internet parasse de funcionar por vários dias seguidos num grande centro populacional do mundo industrializado, como Londres, Tóquio ou Nova York. Isso interromperia o fornecimento de energia elétrica, o sistema de transportes, o abastecimento de comida e o serviço de comunicações, sem falar no desastroso impacto sobre as atividades bancárias e as empresas baseadas na web. A quase inevitável baderna que se seguiria, com saques e outras formas de tumulto, faria com que as manifestações de Atenas parecessem conversa do chá da tarde em um evento promovido pela rainha da Inglaterra. Ou suponha que uma pandemia semelhante à peste negra assolasse uma cidade de alta densidade demográfica, como Hong Kong ou São Paulo. Imagine o caos que se seguiria! Atualmente, o candidato com maior probabilidade de criar esse tipo de confusão seria um novo tsunami financeiro.

Num relatório sobre as perspectivas econômicas mundiais para 2010, a Moody's, agência de avaliação de risco de crédito, alertava que os países com dívida pública em rápido crescimento deveriam se preparar para um ano em que "a coesão política e social será testada". O documento levantava a questão de que futuros aumentos fiscais e cortes de gastos poderiam desencadear agitação social numa série de países, tanto entre os desenvolvidos quanto entre aqueles em desenvolvimento. Antecipando a possibilidade de uma crise financeira numa grande economia, o relatório dizia que 2010 seria um "ano tumultuado para os emissores de dívida pública". Ao se olhar para o que aconteceu em seguida, tais declarações parecem realmente proféticas. Extrapolando um pouquinho, o que poderíamos esperar dos anos vindouros?

Uma boa suposição é que as pessoas percam a confiança na capacidade do governo em solucionar crises financeiras e saiam às ruas, iniciando protestos e/ou ataques contra aqueles que julgam responsáveis por sua miséria. Esse grupo certamente abrangerá autoridades governamentais e banqueiros, mas pode incluir também imigrantes, minorias étnicas e religiosas, senhorios e até gerentes e diretores de empresas. O movimento Ocupem Wall Street, que surgiu no final de 2011, é um excelente exemplo desse processo na prática. Se quiser se impressionar, comece a marcar num mapa os lugares em que esse tipo de violência já eclodiu. Cidades como Atenas, Sófia (Bulgária), Porto Príncipe, Riga (Letônia) e Vilnius (Lituânia) estarão lá, assim como Túnis, Cairo, Damasco e Sana (Iêmen). Mesmo cidades muitos maiores, como Nova York (com as manifestações de Ocupem Wall Street), Moscou, Roma, Londres, Paris e Dublin, já testemunharam grandes protestos contra o aumento do desemprego e a diminuição dos salários, assim como revoltas em relação à escancarada lacuna entre os ricos e "os outros 99%". A segurança dessas cidades, porém, conseguiu fazer com que as manifestações não escapassem ao controle, podendo inclusive ser consideradas pacíficas (por enquanto).

Poderíamos até classificar esses acontecimentos como um "surto" global de violência motivado pela economia, uma espécie de "pandemia" social. Embora seja provável que esses distúrbios fiquem restritos a locais específicos, não se pode desconsiderar totalmente a possibilidade de que, com o agravamento da situação econômica mundial, alguns desses incidentes regionais cruzem as fronteiras nacionais e se transformem em eventos mais amplos e duradouros. Rebeliões armadas, golpes militares e mesmo guerras entre Estados pelo acesso a recursos não podem ser descartados.

No entanto, até mesmo conflitos sociais de caráter revolucionário são insignificantes em comparação ao que uma combinação entre natureza e ação do homem pode suscitar. Concluirei, portanto, este resumidíssimo catálogo de eventos extremos com mais dois exemplos, cada um à guisa de introdução aos relatos mais detalhados apresentados em dois capítulos da Parte II.

• • •

UM DOS LIVROS MAIS vendidos de 1969 foi o romance *O enigma de Andrômeda*, de Michael Crichton, que conta a história de um grupo de cientistas envolvidos no estudo de um micro-organismo extraterrestre que faz o sangue humano coagular rapidamente, provocando a morte. Foi a obra que revelou Crichton, coroando-o como o rei dos escritores de suspense tecnológico. Embora seja obviamente um livro de ficção, *O enigma de Andrômeda* é um relato arrepiante da ameaça biológica que determinados organismos podem representar ao sistema imunológico humano, que, por nunca ter sido exposto a eles, não tem como combatê-los. No livro, os organismos vêm do espaço sideral. Na vida real, eles podem vir do planeta Terra mesmo, por meio de atividades biotecnológicas humanas, propositais ou acidentais.

Para ilustrar as possibilidades, alguns anos atrás um grupo de pesquisadores australianos produziu uma cepa de ectromelia infecciosa, uma variante do vírus da varíola, esperando esterilizar os ratos. De modo geral, a ectromelia infecciosa não representa perigo para os camundongos que participam na experiência, e os cientistas só queriam incrementá-la um pouco para esterilizar os roedores. Infelizmente, produziram uma variação do vírus tão letal que matou até os ratos vacinados contra a moléstia.

Esse é um ótimo exemplo de como um erro de cálculo pode criar uma cepa de um vírus semelhante à varíola que, se sair dos limites do laboratório, é capaz de causar uma pandemia incontrolável. E não estamos falando do tipo de ficção que escreveu Michael Crichton, principalmente quando pesquisadores como os australianos publicam a fórmula de seu vírus mortífero em revistas científicas abertas para todo mundo ler e, quem sabe, reproduzir a experiência em seu

próprio laboratório.

Evidentemente, seria possível argumentar que a varíola já existia antes e que não eliminou a humanidade da face da Terra. Mas foram casos isolados, não o resultado de uma iniciativa organizada para espalhar a doença.

Um pequeno exemplo prático do que poderia acontecer numa escala mais ampla é a epidemia de gripe espanhola após a Primeira Guerra Mundial. Em 1918, uma cepa de gripe surgida nos Estados Unidos acabou matando de trinta a cinquenta milhões de pessoas no mundo inteiro no período de um ano. Agora, imagine uma praga ou vírus com o poder de viajar por todo o mundo, como a epidemia de 1918, mas que se espalhe com maior velocidade, matando os infectados mais rapidamente. Não há vacina ou antibiótico capaz de combatê-lo. Vale a pena ressaltar que isso poderia acontecer como resultado de processos naturais, não somente via mutação intencional de pesquisadores em laboratórios. Portanto, a ameaça de uma pandemia global deixa de ser mero desastre e passa à categoria de verdadeira catástrofe.

É muito provável, contudo, que, assim como em *O enigma de Andrômeda*, em que um bêbado e um bebê conseguem sobreviver ao organismo alienígena, alguns seres humanos em comunidades isoladas ou com uma incrível imunidade natural consigam sobreviver a qualquer coisa que o homem ou a natureza coloque em seu caminho. Ou seja, a humanidade provavelmente sobreviverá à mais fatal das pandemias. Para chegar à verdadeira extinção a partir de uma fonte humana, precisamos ir um pouco mais longe.

• • •

IRVING LANGMUIR FOI UM físico vencedor do Prêmio Nobel que trabalhou no laboratório de pesquisa da General Electric por mais de quarenta anos, aposentando-se em 1950. Em 1953, Kurt Vonnegut publicou o livro *Cama de gato*, hoje um clássico da ficção científica, cujo protagonista, Dr. Felix Hoenikker, era baseado em Langmuir, um homem que Vonnegut conheceu graças ao seu trabalho de relações-públicas na GE antes de se voltar integralmente à literatura. Vonnegut certa vez disse a um jornalista: “Langmuir era totalmente indiferente aos usos que poderiam ser feitos das verdades que ele desencavava e entregava a quem estivesse por perto.”

Em *Cama de gato*, Hoenikker cria uma substância chamada “gelo 9”, uma forma alternativa de água que é sólida em temperatura ambiente. Quando um cristal dessa estranha substância entra em contato com água normal, em estado líquido, age como um desencadeador de cristalização, fazendo com que a água se solidifique. A história retrata Hoenikker como um sujeito amoral, sem interesse em nada além de sua pesquisa, e para quem o gelo 9 não passa de um

quebra-cabeça mental. No final, um ditador caribenho obtém um ou dois cristais desses e os utiliza para cometer suicídio, congelando instantaneamente seu corpo, que se transforma em um bloco de gelo na temperatura ambiente. Nesse momento, um avião se choca contra o palácio do ditador e seu corpo ainda congelado cai no mar, provocando uma enorme reação em cadeia, na qual todo líquido da Terra (inclusive o sangue) se transforma em gelo 9, causando a destruição de todos os seres vivos.

Uma coisa realmente espantosa, esse gelo 9. Mas o cenário descrito por Vonnegut não é tão diferente daquilo que alguns cientistas estão vendo surgir como uma possibilidade real — ainda que um tanto remota — em decorrência do trabalho realizado hoje em dia na área da rapidamente crescente nanotecnologia.

Não há motivo lógico ou físico que impeça nanorrobôs autorreplicáveis, não maiores do que alguns poucos átomos, de se tornarem um câncer para a biosfera da Terra e de logo substituírem todas as formas de vida baseadas no carbono pela versão nanotecnológica. O principal obstáculo para um câncer tão invasivo quanto esse é a disponibilidade da energia, uma vez que existe bastante matéria orgânica no mundo para ser devorada pelos "nanorrobôs". Em princípio, eles precisariam da luz do sol ou, possivelmente, de tecido orgânico para continuarem suas travessuras pela ecosfera, seguindo os moldes do gelo 9. Porém, cálculos realizados por inúmeros pesquisadores na área de nanotecnologia mostram que o nanocâncer poderia absorver pelo menos metade da energia solar que incide sobre o planeta, cobrindo a Terra com uma espécie de "gosma cinzenta". A única forma de deter esse processo seria interromper a ligação com a fonte de energia e/ou intervir de alguma maneira em seu mecanismo de replicação.

Não estou falando, pois, de algum tipo de desastre específico com data e local, como um terremoto ou até mesmo uma catástrofe que elimine centenas de milhões de pessoas no mundo inteiro, tal qual uma pandemia global. A gosma cinzenta, assim como o gelo 9 de Vonnegut, simplesmente destrói todo o ecossistema que hoje sustenta a vida na Terra. O nanocâncer, portanto, é uma ameaça real a *todo* tipo de vida que conhecemos hoje em dia, um evento capaz de provocar a extinção generalizada.

Até agora, utilizei as palavras *desastre*, *catástrofe* e *extinção* de modo um tanto vago para caracterizar os diversos exemplos aqui mencionados. Antes de nos aprofundarmos nessa seara, é bom examinarmos de novo a questão, abordada superficialmente no preâmbulo deste livro, sobre o que de fato constitui um evento extremo, ou melhor, um evento X.

POMBAS BRANCAS E CISNES NEGROS

SE EVENTOS ATÍPICOS, COMO doenças fatais, furacões ou crises financeiras, aparentemente acontecem toda semana, como podemos chamá-los de “atípicos” ou “extremos”? E, se são tão frequentes, por que os consideramos “raros”? E por que não conseguimos ter mais sucesso em prevê-los ou antecipá-los? Veremos as respostas para essas e muitas outras perguntas instigantes nas páginas a seguir. O resumo, no entanto, é que, se nos concentrarmos em qualquer domínio *específico*, como, por exemplo, fenômenos radicais como furacões, a ocorrência desse furacão é de fato uma raridade dentro do contexto dos eventos climáticos. Mas ampliemos nossos horizontes e consideremos diversos domínios, tais como clima, terremotos, crises no mercado financeiro, pandemias, vulcões e outras áreas. Repita a pergunta: Qual a probabilidade de ocorrer amanhã um evento X que envolva pelo menos um desses aspectos? Não será surpresa constatar que ela, na verdade, é bem alta. Portanto, *algum* tipo acontece quase todos os dias em algum lugar.

Evidentemente, essa linha de raciocínio apenas desloca a incerteza em relação ao momento de ocorrência de um acontecimento num determinado domínio para a incerteza quanto ao lugar e ao domínio em que a próxima atipicidade acontecerá. Ou seja, não há escapatória. De uma forma ou de outra, teremos de enfrentar o fato de que alguns tipos de eventos fazem parte do regime normal, cuja probabilidade pode ser calculada com base em dados do passado, enquanto outros fazem parte do regime de eventos X e são quase impossíveis de se prever. O problema é que eles são os agentes de transformação da vida humana, e isso nunca foi tão verdadeiro quanto nos dias de hoje, quando nós, os seres humanos, temos pela primeira vez a capacidade de *criar* algo tão extremo que poderia provocar nossa própria destruição. Como a natureza já não é mais o único anjo da morte nesse jogo, não temos outra opção além de utilizar nossa tecnologia e nossas ferramentas para analisar os sistemas da vida cotidiana e revelar alguns segredos da extrema incerteza, a fim de pelo menos adiar, e possivelmente evitar, o mesmo destino dos dinossauros e de outras espécies extintas.

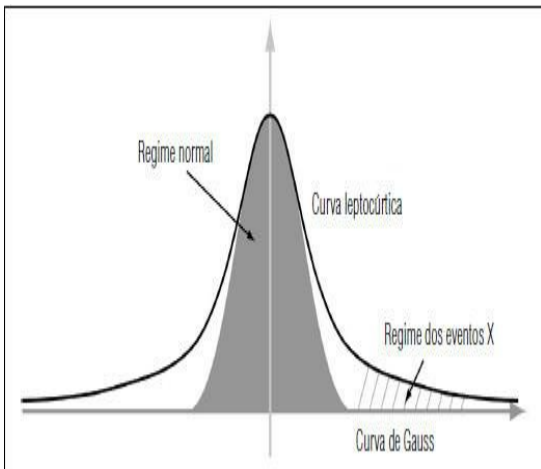
Mobilizados por esse pensamento, adentremos o terreno em que quase nada é verdadeiramente conhecido, mas onde grande parte de nossa vida futura será determinada.

• • •

APÓS A DEVASTAÇÃO DE Nova Orleans causada pelo furacão Katrina, em 2005, que destruiu os diques que protegiam a cidade, o general Carl Strock, do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos, declarou:

Quando o projeto foi concebido (...) calculamos que tínhamos um nível de proteção para duzentos ou trezentos anos, ou seja, o acontecimento do qual estávamos nos protegendo poderia se exceder a cada duzentos ou trezentos anos. Isso representa uma probabilidade de 0,5%. Nossa segurança, portanto, era de 99,5%. Infelizmente, tivemos esse 0,5% aqui.

A postura de Strock baseia-se na premissa de que furacões da intensidade do Katrina ocorrem com uma frequência que pode ser descrita pela clássica curva de Gauss (ou curva em forma de sino), a chamada distribuição normal de probabilidade. Que me perdoe Nova Orleans (e o general Strock), mas os hidrologistas e estatísticos já sabem há mais de um século que os acontecimentos que ocorrem nas extremidades de uma distribuição estatística geralmente não podem ser descritos como extremos. Como todos nós vimos com dolorosa clareza na crise do sistema financeiro global de 2008, a distribuição normal ignora de forma dramática a probabilidade de acontecimentos atípicos. A curva de Gauss funciona bem para prever o comportamento de sistemas cujo resultado é a soma de um grande número de acontecimentos de pequena escala, cada um sem influência sobre os outros (ou seja, sistemas "independentes"). Para ilustrar esse ponto, considere todos os adultos do sexo masculino nos Estados Unidos e responda à seguinte pergunta: Qual é a altura média desse grupo e quão distante alguém com 1,65 metro de altura está dessa média? De uma maneira aproximada, a altura de cada indivíduo do sexo masculino não depende da altura dos outros, e o número de indivíduos é muito grande — condições perfeitas para utilizar a curva de Gauss.

No entanto, se pudéssemos de fato determinar o tipo de curva de probabilidade criada por eventos extremos (o que é impossível), a curva resultante seria aquela informalmente chamada de distribuição de "cauda pesada". A diferença é mostrada na Figura 1. O regime normal, com a descrição de acontecimentos independentes, está representado pela curva de Gauss tradicional, a linha cinza, ignorando seriamente a probabilidade dos "choques" atípicos do regime de eventos extremos, representado pela área listrada. As grandes atipicidades estão nessa cauda. Utilizando essa "lei da cauda pesada" para descrever a situação de Nova Orleans, por exemplo, o 0,5% mencionado pelo general Strock teria ficado em torno de 5%, e os trezentos anos seriam reduzidos a cerca de sessenta anos.

Olhando para o gráfico (o único deste livro, prometo), você poderá achar que a área listrada da distribuição de cauda pesada dos acontecimentos extremos não difere tanto da área da curva de Gauss, mas não é o caso, como vou explicar.

Para ilustrar as implicações da figura, de acordo com a curva de Gauss, a probabilidade de ocorrer um acontecimento com um desvio muito acentuado (uma grande atipicidade) dentro da área listrada parece ser muito pequena, praticamente nula. No entanto, a probabilidade de esse mesmo acontecimento ocorrer é *milhares* de vezes maior se vier de um conjunto de eventos extremos que obedecem a uma distribuição de cauda pesada, em vez da curva de Gauss. Isso significa que, se uma companhia de seguros estivesse vendendo apólices contra acontecimentos improváveis e baseasse seu prêmio de risco numa curva de Gauss, ela poderia cobrar uma taxa de milhões de dólares. Mas, se o grupo de acontecimentos seguisse a lei de probabilidade da cauda pesada, a verdadeira sinistralidade da empresa poderia ser de bilhões!

Antes de concluir esta breve discussão sobre curvas em forma de sino e

caudas pesadas, gostaria de voltar a enfatizar que, quando usamos uma curva como a da Figura 1 para descrever a probabilidade de um evento X, estamos falando metaforicamente. Essa curva pode até existir em algum reino idealizado acima das influências de espaço e tempo, mas não há como calculá-la. Para avaliar os riscos da área de acontecimentos extremos, devemos substituir a probabilidade e a estatística por um novo paradigma. O argumento que apresento neste livro é que os descompassos de complexidade servem como ponto de partida para essa mudança de paradigma.

Os modelos de previsão (que constituem a base dos prêmios de seguro, dos códigos de edificações, das expectativas econômicas etc.) normalmente se baseiam apenas em dados do passado, que, de um modo geral, constituem uma pequena amostra do total de possibilidades. O problema é que os "especialistas" que desenvolveram esses modelos costumam chegar à conclusão de que mapearam todo o espectro de possíveis comportamentos dos sistemas, o que não poderia estar mais longe da verdade. Pior que isso, quando eventos atípicos se manifestam, eles são relegados à categoria daquilo que ocorre "uma vez a cada século" e praticamente ignorados no planejamento para o futuro. Outro erro muito frequente é acreditar que já "solucionamos" o(s) problema(s) exposto(s) por um determinado evento extremo (pense na grande quantidade de leis promulgadas após um desastre) e que, portanto, não é preciso se preocupar com a possibilidade de outras anomalias. As bases estão todas cobertas, por assim dizer. Infelizmente, de onde veio o primeiro acontecimento extremo há muito mais. A verdadeira lição aqui, evidentemente, é que o mundo é muito mais imprevisível do que gostaríamos de acreditar.

Qual a origem dessas caudas pesadas? Para responder a essa pergunta, examinemos a área em que elas foram estudadas mais a fundo, embora sem ser devidamente valorizadas e utilizadas: o mercado de ações. (Cuidado para não confundir "cauda pesada" com o conceito de "cauda longa" do mundo dos negócios, aplicado por grandes lojas como Amazon ou iTunes, que, graças a um amplo catálogo e fácil acesso, estendem o tempo de vida de seus produtos.)

O principal motivo da existência das caudas pesadas — os eventos X — no mercado financeiro é que as decisões tomadas pelos investidores não são totalmente independentes (essa é *a* premissa básica por trás de uma distribuição em forma de sino em relação a mudanças de preço de mercado). Nas grandes baixas, os investidores ficam com medo e se tornam mais avessos a riscos, enquanto nas grandes altas eles exibem uma "exuberância irracional". Esse tipo de interdependência faz com que os investidores se arrebanhem, o que por sua vez os leva a comprar em altas absurdas e a vender em baixas ilógicas. Esse comportamento, somado a eventuais choques do mundo externo (entre eles, possíveis eventos X), faz com que as mudanças de preço de mercado cheguem a extremos com muito mais frequência do que os modelos baseados na distribuição

normal nos levariam a crer.

Uma ilustração gráfica desse ponto é que a *causa causarum* técnica da atual crise financeira global é o uso quase universal da chamada fórmula de Black-Scholes para precificar derivativos e opções. Essa fórmula, que rendeu a Myron Scholes e Robert Merton o Prêmio Nobel de economia em 1997 (Fischer Black faleceu em 1995), simplesmente está errada. Por que errada? De novo, um dos principais motivos é que ela parte da premissa de que as decisões dos investidores são independentes, levando seus criadores a basear os cálculos na distribuição normal, ou seja, em uma curva em forma de sino. A fórmula, portanto, subestima imensamente a probabilidade de acontecimentos de alto risco, como aqueles que de fato ocorreram em 2007, desencadeando uma reação em cadeia de falência de bancos e caos financeiro que nos afeta até hoje. Como um amigo meu diz todo ano, ao ser anunciado o Prêmio Nobel de economia: "Mais um motivo para não haver Prêmio Nobel de economia!" Se quiséssemos precisar o momento exato em que toda essa linha de pensamento em forma de sino foi desmistificada, como o imperador e suas roupas novas da fábula, nada melhor do que indicar o best-seller *O cisne negro*, de Nassim Nicholas Taleb, que afirma, de maneira convincente e provocante, que toda a estrutura do mundo financeiro teórico está construída sobre areia movediça.

• • •

NO FINAL DE MARÇO de 2007, dei uma palestra sobre previsões em Zurique, num workshop em que Taleb era um dos convidados. Seu livro estava para ser lançado e, por acaso, ele recebeu um par de provas de seu editor durante o encontro. Num gesto de generosidade, presenteou-me com um exemplar autografado como uma espécie de lembrança de nosso primeiro encontro pessoal. Nessa ocasião, tive a oportunidade de falar com ele sobre a questão que apenas alguns meses mais tarde estamparia as primeiras páginas dos jornais do mundo inteiro: o iminente colapso do sistema financeiro americano, precipitado pela derrocada do Lehman Brothers no final de 2008, desde então exacerbada pelas desastrosas intervenções do Federal Reserve (o Banco Central americano) e de outros órgãos políticos e financeiros do governo no mundo todo.

Taleb foi, por muitos anos, investidor em instrumentos financeiros exóticos antes de assumir uma vida mais contemplativa, de acadêmico, intelectual e provocador. Suas visões penetrantes e cáusticas quanto aos grandes riscos assumidos diariamente nos centros financeiros globais eram, portanto, esclarecedoras e, devo admitir, um pouco enervantes também. Veja por quê.

Em seu livro, Taleb descreve "cisnes negros" como acontecimentos que "estão fora do campo das expectativas comuns, possuem um grande impacto e,

por conta da natureza humana, nos fazem buscar explicações para sua ocorrência após o fato". Apesar de não discordar da sua definição de cisne negro — em nossa terminologia aqui, um acontecimento extremo —, parece-me uma definição um tanto incompleta em alguns aspectos significativos. Melhor desconstruí-la para podermos empregá-la de uma forma mais útil em nossas discussões.

Primeiro de tudo, *raridade*. Esse é certamente o aspecto menos polêmico em relação ao que constitui ou não um evento extremo, como já comentei no preâmbulo e repeti nas páginas anteriores. Por definição, os eventos X se encontram fora do campo das expectativas diárias. Se são mesmo totalmente inesperados, como sugere a definição de Taleb, já é outra história. Afinal, até acontecimentos raros, como o impacto de um asteroide ou um ataque terrorista como o de 11 de setembro, podem ser esperados. O único elemento surpreendente é em que lugar e momento eles ocorrerão e quanto estrago causarão. Mas não há dúvida de que ocorrerão, a despeito de nossos desejos, esperanças e medos de seres humanos insignificantes querendo modificar o estado das coisas. Como no caso dos furacões e dos terremotos, a única coisa que podemos fazer é tentar prever a aparição desses agentes de mudança e nos preparar para eles, a fim de mitigar seus danos. Todos concordam então quanto ao fator *raridade* — mas raridade no que tange à sensação de surpresa, como foi discutido no preâmbulo. Não se trata de raridade no sentido de "infrequente". Trataremos desse assunto mais adiante.

O assunto fica ainda mais interessante quando abordamos o aspecto do *impacto extremo* da trindade de Taleb, uma vez que raridade e impacto são temas isolados. Um furacão de força 5 que devasta Nova Orleans é uma coisa. O mesmo furacão passando pelo Caribe sem causar dano algum é outra. Para um especialista em furacões, os dois despertam o mesmo interesse. Já para a CNN, as companhias de seguro e resseguro e, evidentemente, os habitantes de Nova Orleans, os casos são bem diferentes, e a diferença reside no impacto do acontecimento, que pode ser medido em dólares, vidas perdidas e/ou abalo emocional. Desse modo, tanto a raridade quanto o impacto devem ser caracterizados de forma mais precisa para que se estabeleça quão negro é o cisne em questão.

O componente mais interessante da tríade de Taleb é, sem dúvida, o que se refere às *histórias* que todos nós, seres humanos, contamos após os fatos, para tentar explicar e entender os acontecimentos extremos. Obviamente, essa perna do tripé é a parte que Taleb mais aprecia, pois a predileção da humanidade por narrativas enganosas dá origem à ilusão de que somos capazes de prever e até de controlar cisnes negros. Como Taleb, não acredito que haja indivíduo ou método, vivo, morto ou por nascer, capaz de prever, de maneira confiável e sistemática, eventos extremos *específicos*. Quando digo "prever", refiro-me a "saber a hora e

o local" com precisão suficiente para prevenção, preparativos e medidas de sobrevivência. Uma previsão dessas seria algo do tipo: "Um terremoto de 6,7 graus de magnitude em Chula Vista, San Diego, atingirá o sul da Califórnia no dia 24 de fevereiro de 2017 às 19h47." Acreditar que tal previsão é possível, mesmo em teoria, é sucumbir a uma arrogância perigosa e totalmente absurda. Previsões desse tipo funcionam por vezes na área de ciências naturais, sobretudo astronomia e engenharia, e envolvem, sem exceção, acontecimentos incluídos no regime regular da Figura 1, que costumam ocorrer dentro de um curto período de tempo, numa região geográfica limitada. Portanto, concordo com quem diz que prever eventos X é uma missão impossível.

Por outro lado, creio ser perfeitamente viável desenvolver ferramentas para *antecipar* eventos extremos, transformando um cisne negro em uma pomba branca comum (caso contrário, não teria escrito este livro!). Para entender o que isso significa, lembre-se de que eles, principalmente os causados pelo homem, decorrem de uma combinação de fatores que o biólogo francês Jacques Monod chamou de "acaso e necessidade". Não importa o momento, há sempre um cenário social, uma espécie de campo de jogo, no qual as ações e os comportamentos humanos se desenvolvem. Esse terreno está em constante transformação, dando origem a um contexto sociopsicológico, num certo tempo e espaço, que tende a propiciar a ocorrência de alguns tipos de acontecimentos e a dificultar outros. Poderíamos pensar metaforicamente nesse cenário como algo que influencia o "curso" dos eventos. Às vezes o curso se volta para um determinado tipo de acontecimento, às vezes ele se altera, fazendo com que a ocorrência daquele mesmo evento se torne muito menos provável. É algo que não *depende* de alguma ação específica, mas que apenas influencia a probabilidade do que pode ou não ocorrer dentro do vasto campo de possibilidades.

A outra metade da história é o componente "acaso". Num determinado meio, muitas coisas podem acontecer. O que de fato ocorre é definido por fatores essencialmente aleatórios (isto é, sem nenhum padrão discernível) num momento específico, fatores que fazem com que um dos potenciais acontecimentos realmente se concretize. Pense num cenário de possibilidades semelhante a uma grande montanha cercada por vales. Você está sentado no pico e sem querer cai montanha abaixo em certa direção, indo parar em um dos muitos vales existentes. De uma hora para outra, todos os vales, exceto aquele em que você está, deixam de ser um destino possível. Mas, se pouco antes de você ser empurrado a paisagem tivesse mudado de tal forma que o pico fosse apenas um planalto, você teria apenas saído do lugar, sem acabar num vale. Em outras palavras, nada de mais teria acontecido. Ou, se o pico se tornasse assimétrico, seria necessário um empurrão mais forte para levá-lo rumo a um determinado vale em vez de outros.

Quero dizer que o que observamos, na realidade, é sempre uma combinação de circunstâncias contextuais com um elemento de casualidade, que não tem como ser previsto de forma alguma. Acredito que existam muitas maneiras diferentes de saber o formato do campo de jogo e seus contínuos movimentos se quisermos obter informações úteis sobre que tipo de evento tem maior ou menor probabilidade de ocorrer num determinado momento. Portanto, qualquer discurso sobre "previsão" exata neste livro refere-se apenas ao prognóstico de mudanças no campo de jogo, não ao prognóstico de acontecimentos específicos. Para isso, seria preciso uma cartomante ou uma bola de cristal, e não um cientista especializado em complexidade.

Devido à dificuldade de previsão de eventos atípicos, eles geralmente não são incluídos na concepção dos sistemas. Isso faz com que esses sistemas sejam especialmente perigosos, porque, como veremos adiante, o mundo está cada vez mais complexo, e nossa vida, por conseguinte, passou a depender de sistemas cada vez mais complexos também — os mesmos, é bom lembrar, que são incapazes de levar em conta eventos atípicos. Vejamos mais alguns exemplos para enfatizar bem esse ponto.

• • •

É MUITO PROVÁVEL QUE grande parte dos leitores destas páginas tenha, em casa ou no escritório, uma cafeteira de última geração, que prepara um maravilhoso expresso ao simples toque de um botão. Primeiro, os grãos são moídos, prensados e pré-lavados. Depois, a água fervendo passa pelos grãos a alta pressão, e o resultado é aquela dose de cafeína de que aparentemente precisamos tanto para que nosso motor funcione pela manhã. Em suma, essa máquina é um robô de fazer café. Basta colocar os grãos, conectar a máquina a uma fonte de água e apertar um botão. Mas toda a automação embutida na cafeteira tem um preço: um grande aumento na complexidade do aparelho que faz café, em contraposição ao uso da antiga cafeteira italiana, que exigia que você fosse o robô ao moer os grãos, colocar a água e o pó no recipiente, levá-la ao fogo e por fim servir o café na xícara.

Uma grande consequência do advento da cafeteira "aperfeiçoada", de alta tecnologia (leia-se "de alta complexidade"), é que você não é mais capaz de fazer a manutenção da máquina. Se der algum problema no "cérebro" do microprocessador, no fornecimento de água, na bomba de alta pressão ou sabe Deus no que mais, já era. O sistema sofre um colapso e você não tem como consertá-lo sozinho. E boa sorte ao tentar falar com alguém do serviço de atendimento ao cliente.

Evidentemente, uma sobrecarga de complexidade na cafeteira é apenas um

aborrecimento. Uma sobrecarga dessas em seu carro já é outra história. E, quando algo similar acontece numa infraestrutura da qual se depende no dia a dia, as coisas realmente começam a ficar sérias.

Numa nota aos desenvolvedores de software da Microsoft em 2005, Ray Ozzie, ex-responsável técnico da empresa, escreveu: “A complexidade mata. Ela drena a energia dos programadores, dificulta o planejamento, o desenvolvimento e a testagem de produtos, ocasiona problemas de segurança e gera frustração nos administradores e nos usuários finais.” A nota prosseguia com ideias para manter a complexidade sob controle.

Ozzie escreveu essas palavras numa época em que o Windows 2000 continha cerca de trinta milhões de linhas de código. Seu sucessor, o Windows XP, tinha 45 milhões, e, embora a Microsoft tenha sabiamente se recusado a anunciar o número de linhas de código do Windows 7, tudo leva a crer que ele possua bem mais do que cinquenta milhões. Mas e daí? Mesmo que a Microsoft conseguisse controlar o tamanho (leia-se “complexidade”) de seu sistema operacional, complementos de programas, *plug-ins* de navegação, *wikis* e apetrechos do gênero elevam as linhas de código ocultas dentro de seu computador à casa das centenas de milhões. O ponto é que os sistemas computacionais não são projetados. Eles evoluem e, ao evoluírem, acabam ultrapassando nossa capacidade de controlá-los — ou mesmo de compreendê-los — totalmente. De certa forma, assumem, literalmente, vida própria. E aqui chegamos a uma das maiores lições deste livro: a vida desses sistemas complexos não permanece estática para sempre.

Qualquer pessoa com um plano de aposentadoria deve ter esbarrado nessa questão em 2008. Numa época anterior, mais serena, os bancos entravam em falência quando os devedores não pagavam os empréstimos concedidos. No mundo de hoje, é a complexidade dos ativos do banco que pode levá-los para o buraco, não sua carteira de empréstimos. A vergonhosa falência do Lehman Brothers em 2007 é um exemplo perfeito. O banco entrou numa crise de liquidez que acabou sendo fatal, pois não conseguiu provar para o mercado que seus ativos eram sólidos. Em suma, seus dirigentes não possuíam uma visão suficientemente clara em relação à solidez de seus ativos porque não tinham a mínima ideia de como avaliar seu risco. Os ativos não obedeceram aos fundamentos básicos da economia e assumiram vida própria.

A culpa é da complexidade. Quando os ativos de um banco são tão complexos que ninguém de dentro ou de fora consegue entendê-los, os investidores se recusam a fornecer dinheiro para impulsionar sua liquidez. Como resultado, os bancos agarram-se ao dinheiro que já têm e param de conceder empréstimos a seus clientes. O problema é que, quando os mercados de crédito congelam, uma economia baseada no capitalismo também congela, pois seu motor é a concessão segura e contínua de crédito.

Como veremos na próxima seção, a grande questão aqui é que o sistema financeiro se tornou complexo demais para ser sustentado. Poderíamos afirmar que chegamos a um estado de complexidade institucional impossível de simplificar, à beira de um colapso total. Os maiores bancos do mundo precisam ficar mais simples — muito mais simples —, mas é quase impossível que empresas de capital aberto complexas e burocráticas, como o Citibank ou o UBS, promovam um *downsizing* voluntário. O que acontece em decorrência disso é, em grande parte, o enigma central que procuro desvendar ao longo do restante do livro.

ESTAMOS CONDENADOS?

JOSEPH TAINTER É UM arqueólogo da Universidade Estadual de Utah que passou a maior parte de sua carreira estudando sociedades antigas. Tainter diz-se profundamente preocupado com a crescente complexidade do mundo moderno, que, segundo ele, pode acabar sendo nossa própria ruína. (Suas ideias a esse respeito estão compiladas em seu livro, já clássico, *The Collapse of Complex Societies* [O colapso das sociedades complexas], de 1988.) Ele argumenta que, quando saímos do estado primitivo de caça e pesca e começamos a estabelecer comunidades, tivemos de solucionar diversos problemas para vencer os caprichos da natureza e possibilitar a sobrevivência de um grande ajuntamento de pessoas. À medida que diferentes níveis de organização são acrescentados — como a estrutura de administração de uma cidade, uma autoridade fiscal que arrecade recursos para sustentar tal estrutura, um organismo de defesa etc. —, é preciso pagar um preço por cada um desses níveis. Tainter demonstra, de maneira bastante convincente, que a moeda comum a todos esses custos é a energia e que a crescente complexidade do sistema gerada pelo acúmulo dos níveis mencionados conduz à lei dos rendimentos decrescentes: quanto mais energia se gasta, menos benefícios adicionais são obtidos.

Por exemplo, cada dólar extra investido em pesquisa hoje gera cada vez menos patentes. A crise surge quando reconhecemos que as sociedades devem solucionar problemas constantemente se quiserem continuar crescendo, mas que a solução para esses problemas requer estruturas ainda mais complexas. Em última instância, chega-se a um ponto em que todos os recursos são consumidos apenas para manter o sistema em seu nível atual. A essa altura, a sociedade experimenta uma sobrecarga de complexidade. Não existem mais graus de liberdade para lidar com novos problemas. Quando um novo problema aparece, o sistema não tem como se adaptar acrescentando complexidade e, portanto, entra em colapso na hora, por meio de um evento extremo que reduz rapidamente a sobrecarga. Às vezes ele assume a forma de uma calamidade

financeira ou de uma revolução política, mas, ao longo da história, de modo geral, é a guerra, grande ou pequena, civil ou militar, que desfaz o acúmulo de complexidade. Depois, a sociedade se reconstrói, partindo de um patamar muito mais baixo. A bem documentada "ascensão e queda" do Império Romano é apenas um entre muitos exemplos disso.

Evidentemente, poderíamos alegar que a inovação, os avanços tecnológicos e futuras e inimagináveis descobertas científicas nos permitirão contornar essa "lei da complexidade crescente". Ninguém pode garantir. Mas os fatos referentes à forma como os sistemas complexos funcionam, sem falar nos registros históricos, depõem contra essa ideia. Em última instância, a questão é: Por quanto tempo?

Em estudos detalhados sobre organizações sociais, os cientistas de sistemas descobriram que, conforme há um aumento na complexidade de uma organização, mais níveis de administração são introduzidos, obedecendo a uma ordem hierárquica. Porém, numa hierarquia é preciso haver algum "líder" que supervisione/compreenda a estrutura geral e possa transmitir instruções para aqueles que se encontram em níveis mais baixos da pirâmide social. A complexidade, com o tempo, torna-se grande demais para esse processo funcionar, e nesse ponto a hierarquia dá lugar a estruturas descentralizadas, com as tomadas de decisão distribuídas entre muitas pessoas. Esse parece ser o sistema em que se baseiam, de forma precária, as sociedades atuais.

À primeira vista, poderíamos imaginar que uma estrutura descentralizada é mais sólida para enfrentar distúrbios inesperados do que o padrão hierárquico. Mas como o cientista político Thomas Homer-Dixon observa em seu livro *The Upside of Down* [O lado positivo de estar mal]: "Inicialmente, a crescente conectividade e a diversidade ajudam, mas, à medida que as conexões se tornam mais densas, o sistema fica tão coeso que um fracasso numa parte reverbera em toda a rede." Homer-Dixon também observa: "As intrincadas redes que nos conectam — e pelas quais as pessoas, os materiais, as informações, o dinheiro e a energia transitam — aumentam e transmitem qualquer choque." Portanto, mesmo um defeito aparentemente pequeno na malha da sociedade, como um ataque terrorista, uma crise financeira ou o surto de alguma doença, pode desestabilizar a estrutura inteira.

O que fazer?

A solução mais brutal para o problema da complexidade crescente é reduzir a complexidade da sociedade voltando a um estilo de vida anterior ao de hoje. Tainter diz que conhece apenas uma sociedade na história que decidiu dar esse grande passo e descer voluntariamente a escada da complexidade. Foi o Império Bizantino, que resolveu se simplificar após perder a maior parte de seus territórios para os árabes. Nesse caso, as cidades desapareceram, a economia tornou-se bem menos "bizantina" e o exército oficial foi substituído por milícias

locais. Embora alguns analistas defendam até hoje esse tipo de retorno a uma existência mais simples, a ideia não deve se popularizar. A vida das pessoas na sociedade atual é tão imbricada a diversas infraestruturas — abastecimento de alimento e água, fornecimento de energia, transporte, meios de comunicação e outras — que não dá para se afastar da "droga" da modernidade sem sofrer os dolorosos e inaceitáveis sintomas da síndrome de abstinência. Quase ninguém quer pagar esse preço.

A única alternativa realista disponível é começar a afrouxar os apertados nós das interconexões resultantes de fenômenos como a globalização. As pessoas terão de reconhecer que a redundância não é necessariamente uma coisa ruim num sistema e que maximizar sua eficiência só para extrair dele o maior lucro possível é uma forma de pensar bastante bitolada. Afinal, de que adiantam os lucros quando eles provocam um colapso no próprio sistema?

Deixarei essa história para mais tarde. Meu objetivo no momento é definir os fatores de complexidade que sustentam toda a estrutura social. A sustentabilidade é um ato de equilíbrio delicado, e para mantê-la precisamos percorrer o estreito caminho entre a ordem e o caos, a simplicidade e a complexidade. Após passear por um mundo de possíveis desastres, catástrofes e extinção (Parte II), voltarei a falar com mais profundidade sobre essas questões de sobrevivência e como alcançá-la sem ter de lançar mão de um *downsizing* radical (Parte III).

Antes de prosseguir, contudo, devemos examinar com mais atenção as diversas maneiras como a complexidade pode se manifestar nas estruturas sociais em que todos nós estamos inseridos. Veremos que o termo "complexidade" não é monolítico, mas multifacetado. É importante ter uma ideia sobre que faces são essas se quisermos saber como reduzir a complexidade a um nível administrável em termos de sustentabilidade social sem pôr tudo a perder.

AS SETE FACES DA COMPLEXIDADE

NA PRIMEIRA VEZ QUE fui ao Santa Fe Institute, há cerca de vinte anos, um dos pós-doutorandos da equipe era o brilhante Seth Lloyd, hoje um respeitado professor no MIT e um luminar na comunidade de computação quântica. Na época, a ciência da complexidade dava seus primeiros passos no mundo intelectual, e muita gente, tanto de dentro quanto de fora da academia, se perguntava o que significava dizer que um sistema era "complexo" (em vez de simplesmente "complicado", por exemplo). Como os acadêmicos gostam de definir precisamente os termos de uma discussão antes de passar ao debate, a primeira investida foi no sentido de formular uma espécie de definição, junto

com um esquema para medir o grau de complexidade dos sistemas. A esperança, evidentemente vã, era dividida em duas: (a) idealizar uma unidade de medida que fosse universalmente aceita pela comunidade científica de complexidade e (b) chegar a um número que representasse a complexidade de um sistema, o que nos possibilitaria dizer, por exemplo, que a internet é 3,141592 vezes tão complexa quanto o correio americano. Pelo que se constatou a respeito de sistemas complexos durante as décadas seguintes, essa tentativa é um tanto ingênua, para não dizer absurda. Ainda hoje, como na época, não sabemos ao certo se um número mágico feito esse nos diria algo de fato útil sobre um sistema. Mas assim são os becos sem saída da etapa em que se começa a tatear qualquer novo empreendimento intelectual.

Num esforço para organizar as diversas ideias que na época pairavam no ar, Lloyd dedicou-se ao estudo das medidas de complexidade na bibliografia existente e as agrupou por áreas, determinando se as medidas se concentravam na estrutura do sistema, em seu comportamento, na percepção dos observadores sobre a forma como o sistema funciona etc. No final, ele compilou tudo o que descobrira num livro, ainda não editado, creio eu, chamado *31 Flavors of Complexity* [31 sabores da complexidade], em referência ao conhecido slogan da rede de sorveterias americana Baskin-Robbins.

Como eu disse antes, a complexidade possui muitas faces. O que é ou não complexo depende, em grande parte, não apenas do sistema-alvo, mas também dos sistemas com os quais ele interage, além do contexto geral em que os sistemas interativos se inserem. Portanto, concordo que seria bom chegar a um consenso, respaldado talvez por um único número que representasse a complexidade de um sistema específico, mas sinto informar que o leitor não encontrará esse elixir mágico aqui. O que quero mostrar agora poderia ser chamado de “as setes faces da complexidade”. Cada uma será a face dominante de algumas das diversas situações descritas na Parte II do livro. Então, para preparar o terreno, examinemos um pouco mais de perto as variadas formas com que a complexidade se manifesta no mundo real.

PRINCÍPIO DE COMPLEXIDADE I: EMERSÃO

Um conjunto de indivíduos em interação forma um “sistema”, e esse sistema *como um todo* geralmente possui suas próprias características particulares, que não existem no nível dos indivíduos em si. Essas características *emergentes* são denominadas traços “sistêmicos”, em contraposição àquelas dos indivíduos que constituem o sistema, pois são originadas pelas *interações*. Bons exemplos de comportamentos ou traços emergentes são um engarrafamento numa

autoestrada, pontos marcados num jogo de futebol americano ou uma mudança de preço no mercado financeiro. De fato, um único carro que deixa uma autoestrada não causa nenhum engarrafamento, o que pode ser provocado quando centenas de carros tentam pegar a mesma saída para chegar ao estádio antes do chute inicial. Da mesma forma, nenhum jogador de futebol americano sozinho pode determinar o resultado de um jogo, independentemente de seu desempenho. É a interação do grupo que definirá se a partida terminará ou não num *touchdown*. Portanto, os pontos marcados são um aspecto emergente do jogo. Igualmente, o conjunto das decisões dos investidores num mercado financeiro de comprar, vender ou segurar ações faz com que seu preço suba ou baixe. Essa mudança de preços também é um fenômeno emergente, determinado tanto pelas decisões dos investidores quanto por sua interação.

Traços e/ou comportamentos emergentes são, com frequência, considerados algo "inesperado" ou "surpreendente". Isso acontece porque, de um modo geral, sabemos alguma coisa a respeito das características dos objetos individuais, mas nada sobre as propriedades sistêmicas gerais que emergem das interações. Conhecemos os padrões de comportamento de manifestantes nas ruas de Londres ou do Cairo num nível individual, por exemplo, mas não sabemos como em conjunto eles conseguem criar um distúrbio civil, sem falar num acontecimento extremo como a derrubada de um governo. Essa turbulência é uma propriedade emergente, característica do sistema como um todo, que não pode ser encontrada na constituição ou nas ações de nenhum manifestante em particular.

PRINCÍPIO DE COMPLEXIDADE II:
A HIPÓTESE DA RAINHA DE COPAS

Na clássica obra de Lewis Carroll *Alice através do espelho*, a Rainha de Copas diz para Alice: "Neste lugar, precisamos correr o máximo possível para permanecer no mesmo lugar." Essa ideia foi levada ao mundo da ciência em 1973 pelo ecologista Leigh van Valen, que observou que, em todo sistema formado por um conjunto de organismos em evolução, cada integrante precisa se desenvolver à altura dos outros para evitar a extinção. Em suma, é preciso evoluir o mais rápido possível só para permanecer no jogo. Uma consequência desse princípio é que a "esteira" geral do sistema tende a girar cada vez mais rápido quanto maior for a complexidade — até parar de funcionar! Nesse momento, ocorre um colapso sistêmico, normalmente pela interferência de outro sistema que se sobrepõe ao primeiro (o que nos faz lembrar as palavras de Joseph Tainter, mencionadas anteriormente, em relação à extinção da sociedade em decorrência do aumento da complexidade social).

Um excelente exemplo desse princípio é um dos aspectos mais visíveis do fenômeno da globalização: a perda dos empregos no setor industrial dos Estados Unidos para a China e outras regiões do Sudeste Asiático. Considere a situação da China. Aqui temos dois sistemas em interação, os setores industriais de cada país envolvido. Um deles, aquele dos Estados Unidos, aumentou continuamente sua complexidade, acrescentando camadas à estrutura — coisas como leis que estabelecem um salário-mínimo, padrões de saúde e segurança, sindicalização etc. O setor concorrente na China acrescentou pouca ou nenhuma complexidade desse tipo, afora a modernização de suas instalações e o aumento da automação. Com o tempo, o desnível de complexidade tornou-se grande demais e o resultado foi o evento extremo de uma transferência maciça de empregos no setor industrial de um país para o outro. Em outras palavras, um sistema de alta complexidade sofreu um *downsizing* provocado por um evento X, pois não agiu voluntariamente. Isso representou um verdadeiro choque para os dois sistemas — mas de formas bem diferentes.

PRINCÍPIO DA COMPLEXIDADE III: TUDO TEM UM PREÇO

Se quisermos que um sistema — econômico, social, político etc. — funcione num alto nível de eficiência, precisamos otimizar sua operação de modo que sua resiliência seja drasticamente reduzida a mudanças e/ou choques desconhecidos — e talvez incognoscíveis — em seu ambiente operacional. Em outras palavras, há um preço inevitável a ser pago pela eficiência para usufruir dos benefícios da adaptabilidade e da capacidade de sobrevivência num meio de grandes incertezas. Não há escapatória!

Um alpinista, por exemplo, poderia decidir escalar sozinho um despenhadeiro. Talvez até consiga repetir o feito várias vezes, mas basta um único incidente inesperado — sua mão escorrega, uma pedra se desfaz sob seus pés, a cabeça é atingida por um pedaço de gelo — para que ele despenque para a morte. É por isso que os alpinistas mais experientes trabalham em equipe e se ocupam com uma série de medidas redundantes de proteção para a escalada. A eficiência pode diminuir em termos de tempo de subida até o alto em comparação com uma escalada livre, mas, se o inesperado acontecer, é possível recuperar-se e continuar a empreitada até o topo.

No nível empresarial, é preciso escolher entre uma linha de produtos altamente especializada ou um grande estoque formado por diferentes produtos. Por exemplo, considere o estoque de livros da Amazon em comparação ao de uma empresa que vende grandes quantidades de um único produto, como o molho Tabasco, da McIlhenny. A escolha conflitiva aqui é entre funcionar num

alto nível de eficiência concentrando-se em *inovação de processo*, como é o caso da McIlhenny & Co., que busca aprimorar-se para aumentar a produtividade, ou investir na solidez em relação a choques inesperados por meio da *diversificação de produtos*, que distribui os riscos e as recompensas por uma linha de ofertas muito mais ampla, como é o caso da Amazon.

O estilo de operação da Amazon distribui os riscos entre diversos produtos, de modo a não colocar todos os ovos num único cesto, como seria o caso se ela se concentrasse na venda de um livro específico de algum autor renomado. Ao contrário, a empresa aposta na "diversificação de portfólio" para oferecer praticamente qualquer livro publicado, o que custa dinheiro. A McIlhenny, por sua vez, otimiza seu sistema operacional para produzir um único produto e obtém sobre esse investimento um grande retorno em eficiência — desde que o Tabasco não saia de moda. Se sair, a McIlhenny quebra.

O sistema de baixa complexidade (neste exemplo, a McIlhenny), portanto, só continuará sendo viável se o sistema de alta complexidade (neste exemplo, a Amazon) não decidir entrar no mercado de molho Tabasco, pelo que chamamos anteriormente de "inovação de produto". Se ele entrar, o descompasso de complexidade entre os dois sistemas pode se tornar grande demais para se sustentar e, nesse caso, a McIlhenny terá de aumentar sua complexidade via diversificação da linha de produtos ou enfrentar o evento extremo de fechar as portas.

O primeiro caminho, aumentar a complexidade via inovação, em geral encara limites como o grau de complexidade que pode ser acrescentado ou reduzido num determinado sistema. Isso porque, se mudamos o nível de complexidade em um lugar, ocorre uma mudança compensatória na direção oposta em outra parte. Esse é um dos principais motivos pelos quais é tão difícil reduzir deliberadamente a complexidade em grandes organizações burocráticas: a "praga da complexidade" já infestou tantas partes do sistema que não dá para conseguir muita coisa com mudanças pontuais aqui e ali. É como um carro velho que não tem mais conserto. É preciso jogá-lo fora, fabricar ou comprar um novo.

PRINCÍPIO DA COMPLEXIDADE IV: O PRINCÍPIO DE CACHINHOS DOURADOS

Os sistemas funcionam da maneira mais aberta, dinâmica e flexível quando os graus de liberdade disponíveis para eles parecem com o mingau do conto infantil *Cachinhos Dourados*: nem muito quentes, nem muito frios, mas na temperatura certa. No jargão dos sistemas, isso geralmente é chamado de o "limite do caos", a tênue linha que divide o estado em que o sistema está paralisado demais, com

pouquíssimos graus de liberdade para explorar novos regimes de comportamento, e o estado em que existe tanta liberdade que o sistema é essencialmente caótico e vale quase tudo. O caminho do meio é estar num lugar em que se possa explorar a estrutura presente, mas onde ainda haja campo de ação suficiente para mudar em direção a novas estruturas quando a oportunidade e as circunstâncias determinarem.

Dirigentes de economias nacionais, por exemplo, precisam andar na corda bamba, permitindo, por um lado, a liberdade necessária à inovação e ao empreendedorismo e, ao mesmo tempo, estabelecer normatizações suficientes para evitar ações nocivas e o descumprimento da lei. Pouca supervisão resulta em caos, desestabilizando o sistema, mas um excesso de planejamento e controle por parte do governo pode inibir o crescimento da economia como um todo.

No recente livro *Red Capitalism: The Fragile Financial Foundation of China's Extraordinary Rise* [Capitalismo vermelho: o frágil alicerce financeiro da extraordinária ascensão da China], Carl E. Walter e Fraser Howie observam que o governo chinês reformou e moldou seu sistema financeiro durante os últimos trinta anos de uma maneira muito especial. O resultado é que sua estabilidade só tem como se manter atrás dos muros de uma moeda não conversível, de um grande número de acordos com entidades estatais privadas não incluídos no balanço patrimonial e do forte apoio de seus melhores devedores — os "campeões nacionais", com grande força política, os maiores beneficiários da conjuntura financeira atual no país. O sistema financeiro da China, portanto, não é um modelo para o mundo ocidental, cuja população exige um nível muito maior de transparência, e, aliás, não é sequer um esquema sustentável para a própria China, uma vez que o país deseja cada vez mais reafirmar sua influência no cenário mundial.

A esse respeito, a revista *The Economist* ressaltou que, para a China, "o maior problema é que o sistema transaciona quase apenas consigo mesmo. Informações essenciais sobre passivos e precificação são deliberadamente sonegadas ou impossíveis de discernir. Não há nenhuma entidade externa estabelecendo os preços de bens e serviços, por meio de lances no mercado. Isso impossibilita a alocação eficiente de capital e permite a proliferação de excessos".

O que temos aqui, por conseguinte, é uma situação em que, para manter um processo viável de alocação de capital e se conectar à economia mundial como um país totalmente participativo, a China tem percorrido a estreita linha entre possuir um sistema bancário excessivamente restrito, quase fechado, e um sistema tão aberto que vaza como a peneira, assim como muitos dos sistemas bancários ocidentais atuais, sobretudo o dos Estados Unidos.

PRINCÍPIO DA COMPLEXIDADE V: INDECIDIBILIDADE / INCOMPLETUDE

A argumentação racional por si só não é suficiente para determinar todas as possibilidades em relação à ocorrência ou não de uma ação ou de um comportamento. Dito de outra forma, sempre haverá acontecimentos impossíveis de se prever seguindo uma linha lógica de raciocínio. Previsões acertadas requerem o uso da intuição e/ou informações que não fazem parte dos dados originais disponíveis.

Em 1931, Kurt Gödel, matemático austríaco especialista em lógica, provou que existem afirmações aparentemente inocentes sobre a relação entre números cuja verdade ou falsidade não pode ser determinada apenas pela dedução lógica. Gödel demonstrou que proposições indecidíveis como essas são, de fato, verdadeiras. A questão é que não há como provar tal veracidade com base em suposições construídas a partir das regras que costumamos utilizar para gerar provas. O sistema simplesmente não é "sólido o bastante". Em outras palavras, é incompleto. E isso vale para qualquer estrutura lógica que resolvermos usar. Esse conjunto de regras terá sempre, pelo menos, uma proposição indecidível. Aliás, já se demonstrou que quase *toda* proposição em relação a números se enquadra nessa categoria. Portanto, as raridades são proposições que *podem* ser resolvidas por dedução, e não aquelas que não têm como ser formalmente provadas ou refutadas.

Desse modo, se os sistemas lógicos de dedução não têm nem como solucionar questões relativas a números, imagine os desafios da previsão dos acontecimentos humanos. Como sempre haverá um nível de complexidade em qualquer uma dessas proposições, podemos reformular livremente o teorema da incompletude de Gödel da seguinte maneira: "Algumas proposições são complexas demais para a mente humana compreender." Qual a ligação entre este passeio pela estratosfera da matemática e da lógica e as preocupações práticas em relação a eventos X?

Em 2011, o governo de Hosni Mubarak, no Egito, foi derrubado na praça Tahrir, no Cairo, impulsionado pela queda, algumas semanas antes, do regime de Ben-Ali, na Tunísia, que já durava trinta anos. Poucas horas após a renúncia de Mubarak, blogueiros já trombeteavam para o mundo suas sábias opiniões sobre o motivo de aquilo tudo estar acontecendo, e alguns até afirmavam, com alguma presunção, que previram aquelas mudanças meses ou até anos antes.

O que essas análises têm em comum é que todas se baseiam em uma sequência lógica que começa com um conjunto de circunstâncias (i.e., axiomas) e conduzem inexoravelmente (via argumentação racional) aos acontecimentos que se desencadearam no Cairo, em Túnis e em Damasco. Voltando algumas

décadas, vemos o mesmo padrão de lógica pós-fato ser empregado para explicar o colapso da URSS, o final infeliz da guerra do Vietnã e, evidentemente, um eterno clássico, a queda do Império Romano — o que lembra o comentário de Nassim Taleb de que a previsão de eventos extremos está atrelada à tendência humana de contar histórias que parecem fazer com que sua ocorrência seria algo óbvio. Sem dúvida, os analistas políticos e historiadores adoram a aparente inevitabilidade da lógica pós-fato como respaldo para suas supostas explicações.

O problema é que essas explicações não valem um tostão. O que vale mesmo é a lógica anterior aos fatos, não a posterior; a previsão, não a explicação, por meio de uma sequência de argumentos racionais de que tais desdobramentos seriam muito prováveis, quando não inevitáveis. No caso dos eventos X, isso vale mais ainda, uma vez que eles constituem os verdadeiros agentes de mudança das sociedades, virando-as de cabeça para baixo. Se usarmos os argumentos de Gödel no sentido metafórico, não matemático, a sequência do acaso é, no mínimo, tão importante quanto a lógica para identificar o que é e o que não é provável de acontecer nesses domínios sociais. Em suma, não basta usar o pensamento racional. E, aliás, o que em geral não conseguimos alcançar com a lógica é justamente o que mais queremos: uma visão nítida, inequívoca, de um evento extremo iminente.

PRINCÍPIO DA COMPLEXIDADE VI: O EFEITO BORBOLETA

Enquanto estudava modelos matemáticos de processos atmosféricos nos idos da década de 1970, Ed Lorenz, meteorologista do MIT, descobriu uma das principais características de um sistema complexo: uma variação ou distúrbio aparentemente insignificante em uma parte dele pode disseminar-se por toda a rede e produzir uma grande mudança em outra parte desse sistema e/ou em outro momento. Lorenz chamou tal fenômeno de "efeito borboleta", explicando que uma borboleta, ao bater as asas numa floresta do Brasil hoje, pode provocar um furacão no Golfo do México na semana que vem. A ideia básica é que os sistemas complexos são patologicamente sensíveis a mudanças minúsculas em seu estado inicial. Eis um exemplo claro dessa propriedade.

No início do ano 2000, Theresa LePore projetava a cédula eletrônica que os eleitores de Palm Beach, Flórida, usariam nas eleições presidenciais americanas de novembro daquele ano. LePore decidiu aumentar o tamanho da fonte tipográfica a fim de facilitar a leitura para os eleitores octogenários da cidade. Por algum motivo, ela não se deu conta de que essa mudança transformava a cédula num documento de duas páginas em vez de uma só, o que poderia gerar confusão nos eleitores quanto ao botão que deveriam apertar na máquina de

votação.

Quando os votos foram contados, verificou-se que 19.120 eleitores haviam apertado os botões para Pat Buchanan e Al Gore ao mesmo tempo, resultando na anulação de suas cédulas. Além disso, mais de três mil pessoas votaram em Pat Buchanan, que esperava receber apenas algumas centenas de votos dos eleitores dessa comunidade. Ao que tudo indica, a maior parte dos votos extras era, na verdade, para Gore, mas com a confusão da cédula os votos acabaram indo para Buchanan. O resultado final foi que 22 mil votos que deveriam ter ido para Gore deixaram de ser contabilizados. Se os votos tivessem sido contabilizados para ele, a Flórida teria sido de Gore, e ele teria se tornado o quadragésimo terceiro presidente dos Estados Unidos, em vez de George W. Bush. Desde então, muita gente diz que, se isso tivesse ocorrido, o mundo seria hoje um lugar bastante diferente. Ou seja, o fato de LePore não ter percebido que a mudança no formato da cédula de votação de Palm Beach talvez confundisse os eleitores em vez de ajudá-los pode ser visto como as batidas da asa de uma borboleta que mudou todo o curso da história moderna.

PRINCÍPIO DA COMPLEXIDADE VII:
A LEI DA VARIEDADE NECESSÁRIA

Chegamos ao mais importante de todos os princípios, pelo menos para os propósitos deste livro. É aquele que explica por que um evento X ocorre para fechar uma insustentável lacuna nos níveis de complexidade entre dois ou mais sistemas em interação.

Na década de 1950, W. Ross Ashby, especialista em cibernética, teve um grande insight: a *variedade* em um sistema regulatório tem de ser, no mínimo, do mesmo tamanho da variedade do sistema regulado para ser efetiva. “Variedade”, na acepção de Ashby, significa o número de graus de liberdade de que cada sistema dispõe para agir em qualquer momento. No caso das histórias que relato neste livro, os termos “variedade” e “complexidade” podem ser usados mais ou menos como sinônimos. Na terminologia contemporânea, a lei de Ashby previa que o sistema de controle tem de ter, no mínimo, a mesma *complexidade* do sistema controlado, senão o desnível de complexidade entre os dois pode causar — o que geralmente acontece — diversas surpresas desagradáveis.

O grego Alexander Athanassoulas, consultor de negócios, apresenta um exemplo muito interessante da lei de Ashby no contexto da sonegação fiscal, assunto cada vez mais preocupante nos países endividados de todo o mundo. A cada ano que passa, os países criam leis e regulamentos para conter e penalizar a evasão fiscal. No entanto, a variedade de ações disponíveis aos cobradores de

impostos jamais estará à altura da enorme gama de ferramentas utilizadas por contadores, advogados e sonegadores para não pagar sua parte do ônus financeiro nacional. Ou seja, a variedade da população geral disposta a sonegar impostos jamais corresponderá à variedade de instrumentos disponíveis aos reguladores fiscais (inspetores), que é muito menor. Isso significa que é necessário reduzir a variedade no lado dos sonegadores, em vez de tentar controlar a sonegação de impostos após o fato. Athanassoulas sugere soluções como a redução das alíquotas fiscais, uma distribuição mais equilibrada de impostos entre a população e outros instrumentos dessa natureza.

• • •

VIMOS SETE FACES DA complexidade e como cada uma pode provocar, de maneiras diferentes, eventos X de todos os tipos. A tabela a seguir sintetiza essas manifestações de complexidade com uma frase que as caracteriza. Vale ressaltar que essa lista não é completa e que os itens não são mutuamente excludentes. Qualquer evento extremo pode ser gerado por uma combinação de diversos princípios. De um modo geral, contudo, há um princípio dominante, e os outros desempenham o papel de coadjuvantes no drama. O que importa mesmo é que o evento X, em última instância, é resultado da *falta de controle da complexidade*.

OS SETE PRINCÍPIOS DA COMPLEXIDADE
E SUAS PROPRIEDADES

Complexidade	Propriedade
Emersão	O todo é diferente da soma das partes
A hipótese da Rainha de Copas	Evoluir para sobreviver
Tudo tem um preço	Escolha conflitiva entre eficiência e resiliência
O princípio de Cachinhos Dourados	Graus de liberdade na "medida certa"
Incompletude	Apenas lógica não é suficiente
Efeito borboleta	Pequenas mudanças podem gerar grandes consequências
Lei da variedade necessária	Só a complexidade pode controlar a complexidade

A linha de argumentação que sigo nas páginas a seguir é que o princípio da complexidade VII, a lei da variedade necessária, é um pouco mais igual do que os outros no que se refere à ocorrência de um evento X. Como no caso de sistemas naturais, os sistemas humanos também parecem funcionar melhor quando todos os subsistemas que compõem a sociedade estão, de certa forma, equilibrados e em harmonia. Quando as respectivas complexidades desses subsistemas divergem muito, gerando descompassos ou "desníveis" de complexidade, o sistema tentará se reconfigurar para reduzir ou preencher essas

lacunas. Como os políticos, os líderes empresariais e as pessoas em geral, pensando em seus interesses de curto prazo, não consideram a possibilidade de uma perda imediata em troca de ações que coloquem o sistema social em posição melhor para sobreviver no longo prazo; o que acontece normalmente é que suas dinâmicas naturais precisam intervir para corrigir um desequilíbrio de complexidade. Tais ações sistêmicas auto-organizadas são, em geral, rápidas e destrutivas e costumam envolver o surgimento de um evento X — ou dois, ou três — para atrair a atenção das pessoas e fechar uma lacuna em expansão o mais rápido possível.

Passemos à Parte II, onde abordo com detalhes onze casos diferentes de eventos X, todos causados pelo homem. Eles ocorreram em algum momento do passado e podem facilmente mandar a vida humana de hoje para a época das carruagens caso tornem a acontecer.

PARTE II

OS CASOS

OS EVENTOS X APARECEM em diferentes dimensões, formas e modelos. Lembre-se do ano de 2004, em que diversos episódios dramáticos ocuparam as primeiras páginas dos jornais. Entre as manchetes estavam um grande apagão na região nordeste dos EUA, o surto do vírus da síndrome respiratória aguda grave (SARS) e um terremoto de magnitude 9,1, com um consequente tsunami na ilha de Sumatra. Porém, o número de pessoas diretamente atingidas foi bastante diferente em cada caso. O apagão afetou 55 milhões de pessoas, mas pouquíssimas vidas se perderam, enquanto a SARS foi responsável por 8.273 óbitos confirmados. No caso do terremoto da Indonésia, foram registradas 283.106 mortes, ofuscando as cifras atribuídas aos outros dois episódios. Assim, se medirmos a magnitude de um evento X por sua letalidade, o terremoto da ilha de Sumatra foi o pior de todos, sem dúvida alguma. Mas se tomarmos como medida o estrago causado, tanto material quanto financeiro, a história pode ser diferente. Ainda assim, existe um terceiro aspecto, que é o dano psicológico decorrente da perda de moradias e empregos, sem falar na angústia e incerteza de não saber quando aquilo tudo vai terminar. O que quero enfatizar aqui é que o aspecto "extremo" pode variar muito. Para compreender esses eventos, não podemos continuar falando em termos gerais.

Para determinar que tipo de evento extremo pode ser previsto, em quais casos a saída é aguentar firme e esperar uma recuperação posterior e quando nossa única esperança é rezar para que aquilo nunca ocorra, precisamos examinar com atenção a enorme gama de possibilidades existentes. Esse é o principal objetivo desta parte do livro.

Nas páginas a seguir, apresento onze minicapítulos, cada um com uma história de um evento X específico. Selecionei os exemplos de modo bem abrangente: os casos vão desde acontecimentos relativamente familiares (o auge da crise do petróleo) até aqueles que parecem excêntricos (uma implosão terrestre provocada pela criação de partículas elementares exóticas). Nesse catálogo de catástrofes, evitei deliberadamente as "naturais", como vulcões, colisões de asteroides ou até mesmo aquecimento global, não por serem menos cataclísmicas ou terem menor probabilidade de mandar a humanidade de volta a uma forma de vida mais primitiva, mas porque já foram tão relatadas que dificilmente alguém as consideraria "surpreendentes" nos dias de hoje. Portanto, em nome pelo menos da novidade, preferi que minha lista não incluísse esse tipo específico de evento X tão "corriqueiro".

A novidade em si, porém, é apenas o ponto de partida das histórias aqui contadas. A verdadeira base dos relatos deste livro é a forma como a "sobrecarga de complexidade" influencia na ocorrência dos eventos narrados nas páginas a seguir. Em cada capítulo, o leitor encontrará um ou mais dos princípios da complexidade descritos na Parte I como razão principal do evento do capítulo em questão.

• • •

COMO FALAMOS ANTERIORMENTE, NEM todos os eventos extremos são criados da mesma maneira. Num artigo de 2004, o engenheiro britânico C.M. Hempsell apresentava três categorias:

1. ***Acontecimentos no nível de extinção:*** Algo tão devastador que mais de um quarto de toda a vida na Terra desaparece, com a extinção de importantes espécies. *Exemplo*: O fim do período Cretáceo, quando cerca de 80% de todas as espécies desapareceram.

2. ***Catástrofes globais:*** Um acontecimento que leva mais de um quarto da população humana à morte. *Exemplo*: A Peste Negra da Idade Média.

3. ***Desastres globais:*** Eventos em que uma pequena porcentagem da população morre. *Exemplo*: A epidemia de gripe espanhola de 1918.

Vemos que os termos “extinção”, “catástrofe” e “desastre” se referem à *intensidade* (a magnitude do impacto), e não à passagem de tempo (o tempo de desenrolar) ou à duração de seu impacto (o tempo de impacto). Por fim, há a *probabilidade* da ocorrência, assunto não abordado na taxonomia de Hempsell.

Todos esses fatores são fundamentais na hora de considerar quanto se deve levar a sério a ideia de estar preparado para tais acontecimentos. Preciso, portanto, dizer mais algumas palavras sobre duração, momento e probabilidade de eventos X transformadores. Primeiro, duração.

Alguns tipos de acontecimento levam tempo para provocar caos. Uma praga mundial, por exemplo, não infecta todo mundo de uma hora para outra. Até a mais contagiosa das doenças precisa de um processo de transmissão de muitas semanas para tomar conta do planeta — mesmo no mundo atual, da velocidade a jato. Por outro lado, o impacto de um asteroide saído do nada pode causar um estrago imediato, ao menos no que se refere ao choque em si.

Quanto à questão do *timing* em contraposição à duração, nós queremos saber *quando* um determinado acontecimento ocorrerá. Repare que isso é diferente de perguntar qual a probabilidade de um acontecimento específico se concretizar. O *timing* refere-se à existência ou não de condições prévias que relegam o evento a algum momento impreciso em um futuro distante — podendo ou não ocorrer — ou se ele pode se manifestar a qualquer momento. As respostas para essa pergunta variam de “imediatamente” a “nunca”.

Para ilustrar essa variação, consideremos de novo a extinção pela nanopraga, o problema da gosma cinzenta. Perguntamos: quando esse

acontecimento extremo poderia ocorrer? No momento, a nanotecnologia ainda não alcançou a fase em que nanorrobôs autorreplicáveis são possíveis, mas quase todos os profissionais da área concordam que não existem impedimentos lógicos ou físicos para isso. A tecnologia simplesmente não chegou lá… ainda! Portanto, o *timing* de um nanocâncer está vinculado à mera transposição dessa barreira técnica. A resposta consensual é alguns anos, uma década no máximo.

Por outro lado, o momento de uma invasão alienígena hostil pode ser agora, nunca ou em qualquer ponto entre esses dois extremos. Não existe a mínima evidência que nos conduza a algum tipo de resposta.

Um caso relativamente mais interessante é o *timing* de algo como a erupção de um supervulcão no Parque Nacional de Yellowstone. Os geofísicos e vulcanologistas sabem que o parque inteiro é a caldeira de um antigo vulcão que entrou em erupção pela última vez cerca de 650 mil anos atrás. Há indícios de que isso acontecerá de novo. Quando? Ninguém sabe dizer. No entanto, é quase certo que não seja nem agora nem nunca. Mas estamos falando de apenas uma caldeira vulcânica. A Terra está cheia de outras, parecidas, e bastaria que uma delas explodisse para extinguir a maior parte da vida planetária. A questão do *timing*, portanto, refere-se ao momento em que qualquer um desses vulcões entrará em erupção, não somente o de Yellowstone. Considerando todos os existentes, ficamos mais próximos desse evento, mas é provável que ainda tenhamos muitos séculos, ou até mesmo milênios, pela frente.

Por fim, consideremos o grande fator: a probabilidade.

Qual a probabilidade de sermos destruídos por uma invasão alienígena, um evento que nunca aconteceu antes e que não apresenta nenhum indício de que vá acontecer algum dia? Ou de a caldeira que forma o Parque Nacional de Yellowstone voltar a entrar em atividade? Estamos falando de dois tipos de evento X, um sem qualquer tipo de registro e outro com evidências concretas de ocorrências anteriores. Os dois ilustram bem o problema de tentar utilizar ferramentas estatísticas e probabilísticas comuns para estimar a perspectiva de um acontecimento extremo. Em ambos os casos, a humanidade pode ser enviada de volta à Idade da Pedra, se não for totalmente extinta. Porém, na primeira hipótese, estamos limitados à especulação (i.e., “chute”), enquanto no segundo podemos, pelo menos, tentar usar ferramentas de análise de acontecimentos extremos para calcular, ainda que por alto, sua “probabilidade”.

Repare que, quando falo sobre probabilidade, não me refiro à “probabilidade dentro de um determinado período de tempo”. O momento específico da ocorrência já está incluído na análise que mencionei anteriormente. Quando falo em probabilidade, portanto, quero dizer “a qualquer momento”. Dito de outra maneira, a pergunta passa a ser: “Qual a probabilidade de esse acontecimento ocorrer *algum dia*?” É uma pergunta contundente, que exclui a resposta “nunca”, pois algo que não foi excluído totalmente pela lógica

ou pela física tem que ser considerado provável, ainda que minimamente, de ocorrer em algum momento. Mas nem todos os acontecimentos são criados da mesma maneira, e alguns, como os terremotos devastadores, são bem mais prováveis do que outros, como o planeta ser incinerado por raios gama oriundos de uma gigantesca supernova do outro lado da Via Láctea.

Resumindo tudo o que falamos, a título de classificação, dividirei a probabilidade em cinco categorias:

> ***Praticamente certo:*** Situações que ocorrerão quase com certeza, como o impacto de um asteroide, um terremoto ou uma crise financeira. Elas já aconteceram muitas vezes e há um bom número de indícios, nos registros históricos e geológicos, de que tornarão a ocorrer.
>
> ***Bem possível:*** Situações que já ocorreram anteriormente ou das quais existem indícios de que possam estar em processo de desenvolvimento. Nesta categoria incluem-se pandemias, holocausto nuclear global, uma nova e inesperada era glacial ou a destruição da camada de ozônio da Terra.
>
> ***Improvável:*** Situações que não possuem registro histórico e que, embora possíveis, não ocorrerão necessariamente. Exemplos como nanocâncer ou um declínio cultural maciço entram nessa categoria.
>
> ***Muito remoto:*** Situações tão improváveis que quase não apresentam risco de impactar a humanidade em algum momento. A probabilidade de a Terra ser "reconfigurada" por algum viajante do tempo que venha a pisar em algum mamífero pré-histórico que por acaso seja o ancestral original da raça humana é um exemplo dessa categoria.
>
> ***Impossível dizer:*** Acontecimentos sobre cuja probabilidade de acontecer não temos a mínima ideia. Uma invasão alienígena hostil ou a dominação da civilização humana por robôs inteligentes são bons exemplos.

Dividi os eventos que ameaçam a humanidade em três dimensões: *duração*, ou seja, quanto tempo pode levar para que os danos causados por um acontecimento extremo sejam sentidos plenamente; *timing*, ou seja, quando o acontecimento extremo ocorrerá; e *probabilidade*, ou seja, a possibilidade de o acontecimento extremo se concretizar algum dia.

Até agora falei pouco sobre a(s) verdadeira(s) causa(s) dos eventos X criados pelo homem. Vale a pena, portanto, dar uma olhada rápida no panorama geral e refletir se é realmente inevitável que algum dos desastres, catástrofes ou extinções discutidos no livro termine decretando o fim da humanidade. Meu foco

será quase exclusivamente os eventos X gerados ou no mínimo impulsionados pelo homem, uma vez que a causa daqueles gerados pela natureza hoje é muito mais clara e não depende tanto de nossas maquinações. Com certeza isso não significa que tenhamos um grau tão elevado de compreensão sobre os agentes de mudança que a natureza coloca em nosso caminho, mas apenas que os entendemos um pouco melhor em comparação àqueles gerados pelos seres humanos.

Antes de entrar nos capítulos propriamente ditos, gostaria de enfatizar que os eventos X a seguir não são ficção nem ficção científica. A maioria já ocorreu no passado, e não precisamos ser videntes para ver que eles podem se repetir. Portanto, não se deixe seduzir apenas pelas histórias, por mais interessantes que sejam. Lembre-se de que a atividade humana pode ser a causa ou no mínimo contribuir para esses eventos. Não se esqueça também de que somos nossos piores inimigos não apenas em um nível individual. O mesmo princípio vale para o nível social, como as histórias que se seguem ilustram vividamente.

I

APAGÃO DIGITAL

UMA INTERRUPÇÃO GENERALIZADA E DURADOURA DA INTERNET

SINAIS NEGATIVOS

NO ANO DE 2005 Dan Kaminsky, consultor de segurança de computadores, repousava em casa, recuperando-se de um acidente, e, na confusão mental provocada pelos analgésicos, começou a pensar em algumas questões de segurança relacionadas à internet sobre as quais havia ponderado antes, concentrando suas deliberações em torno do componente DNS (*Domain Name Service*, Sistema de Domínio de Nomes) da rede, que funciona como um dicionário para transformar nomes de domínio em linguagem cotidiana, como *oecd.org* ou *amazon.com*, em endereços IP (*Internet Protocol*) de doze dígitos, que o sistema entende e utiliza para determinar o tráfego de um servidor a outro. Havia algum tempo que Kaminsky pressentia algo de errado no sistema DNS; ele imaginava que em algum lugar espreitava uma brecha na segurança existente desde a introdução do sistema, em 1983 — uma brecha que poderia ser explorada por um hacker inteligente para ter acesso a quase todos os computadores da rede. Mas Kaminsky não conseguia precisar exatamente qual seria o problema.

Em janeiro de 2008, ele finalmente encontrou a resposta. Induziu o servidor DNS de seu provedor de internet a pensar que ele sabia a localização de algumas páginas inexistentes de uma grande empresa americana. Assim que o servidor aceitou como legítimas as páginas falsas inventadas por Kaminsky, estava pronto para aceitar qualquer informação que o consultor fornecesse sobre o domínio de internet da companhia. Na verdade, Kaminsky encontrara uma forma de "hipnotizar" o sistema DNS, fazendo-o acreditar que ele era uma fonte confiável de informações gerais a respeito de qualquer domínio em *toda* a internet. O sistema estava pronto para aceitar qualquer informação que ele desejasse fornecer sobre a localização de qualquer servidor na rede.

Kaminsky logo concluiu que acabara de entrar no paraíso dos hackers. O que ele havia descoberto não era apenas uma brecha na segurança no Windows ou um bug em algum servidor específico, mas um defeito inerente à própria essência da internet. Ele poderia reatribuir qualquer endereço web, reencaminhar os e-mails de qualquer pessoa, entrar em contas de banco ou até mesmo embolar toda a rede. O que fazer? Valeria a pena tentar? Por que não limpar contas bancárias e fugir com bilhões de dólares para o Brasil? É difícil imaginar-se diante desse tipo de poder em relação à vida de bilhões de pessoas do mundo todo. Talvez fosse melhor simplesmente desligar o computador e esquecer o assunto. Se aquela descoberta aparecesse em apenas um blog ou site, em uma questão de segundos hackers inescrupulosos do mundo inteiro avançariam naquela informação e não hesitariam em atacar e causar danos irreparáveis à economia global e à vida de todos.

O que Kaminsky decidiu fazer foi contatar alguns dos maiores gurus de segurança de rede, que marcaram uma reunião secreta de emergência no melhor estilo de uma tropa de elite versão nerd. Nessa reunião, eles chegaram a uma solução temporária para o furo encontrado por Kaminsky para invadir o sistema DNS. Mas, como ele mesmo concluiu numa convenção de hackers realizada em Las Vegas em 6 de agosto de 2008: "Não há como salvar a internet. Há [apenas] como adiar o inevitável por mais um tempo."

Assim continua até hoje. E não estamos falando de um fantasioso roteiro de um filme de Hollywood, pois a probabilidade de um indivíduo "brincar" em sua garagem e derrubar parte da internet é quase a mesma de uma equipe de especialistas em computação numa agência nacional de segurança. Nesse jogo, a inspiração e a engenhosidade podem agraciar tanto um grupo de pessoas quanto o hacker solitário.

A descoberta de uma falha oculta na própria base da internet feita por Kaminsky traz à tona a questão da ameaça que uma pane generalizada na rede representa para nosso estilo de vida no século XXI. Desde e-banking, e-mail, e-books, iPads e iPods até o fornecimento de energia elétrica, comida, água, ar, transporte e comunicação, *todos* os elementos da vida moderna no mundo industrializado de hoje dependem das funções de comunicação fornecidas pela internet. Se ela parar de funcionar, o mesmo acontece com nosso estilo de vida. Portanto, quando falamos de uma pane generalizada na rede, os riscos são os mais altos possíveis. E, como Kaminsky demonstrou com clareza, esse sistema não está nem um pouco imune a uma paralisação catastrófica.

Uma vez que a descoberta de Kaminsky afeta o próprio cerne da internet, talvez seja um bom momento para contar um pouco sobre a criação da rede e lembrar o que as pessoas pensavam naquela época, há mais de meio século. Ironicamente, o sistema em questão foi desenvolvido para ajudar na *sobrevivência* de alguns na hipótese de um evento extremo.

A origem da internet remonta à década de 1960, quando o governo americano começou a trabalhar em parceria com a iniciativa privada para criar uma rede de computadores robusta, à prova de falhas. O que o governo queria era uma rede que não dependesse de uma localização espacial única e que, portanto, continuasse funcionando mesmo que vários de seus nós e/ou links fossem destruídos, parassem de funcionar temporariamente ou ficassem indisponíveis. Não é de espantar que a mentalidade da Guerra Fria da época tenha sido a grande motivação para a criação do que veio a ser a internet, pois a cúpula da defesa americana precisava de um sistema de comando e controle que permanecesse operacional mesmo diante de um evento X: um ataque nuclear em grande escala promovido pela URSS.

O sistema de comunicação introduzido originalmente foi chamado de ARPAnet, em menção à Advanced Research Projects Agency (ARPA, Agência de Projetos de Pesquisa Avançada), uma divisão futurista do Departamento de Defesa americano. A comercialização começou a acontecer na década de 1980, junto com a substituição do nome ARPAnet por "internet". Desde então, o potencial de nossos sistemas de comunicação passou a definir nossas estruturas de negócios. Informações que podem ser rapidamente acumuladas e processadas servem de suporte para a economia, facilitando a tomada de decisões, aumentando a produtividade e assim acelerando o crescimento. A velocidade e o acesso às informações são os fatores que definem o relacionamento cliente-empresa hoje em dia.

O caráter descentralizado da internet reflete-se no fato de não haver uma estrutura de controle "dona" da rede, uma vez que apenas os dois "espaços de nomes" para o sistema, o endereço IP e o DNS, são governados por um corpo central.

Em suma, acabamos dispondo de um sistema de comunicação, atualmente utilizado por cerca de um quarto da população global, que se baseia nas concepções de rede e hardware da década de 1970. A internet está sendo usada hoje como base para serviços inconcebíveis naquela época à medida que convergimos para uma situação em que todos os tipos de dados — áudio, vídeo e informações verbais — são armazenados nela. Com isso em mente, não causa espanto que as mudanças tecnológicas e de estilo de vida dos últimos cinquenta anos estejam sobrecarregando cada vez mais a capacidade do sistema de atender às necessidades de seus usuários. Alguns exemplos ecléticos servirão para enfatizar esse ponto.

Notícia: Em meados de outubro de 2009, uma aparente manutenção de rotina do principal domínio sueco, o *.se*, deu errado, e todos os nomes de domínio começaram a falhar. Não era possível entrar em nenhum site

sueco, os e-mails davam erro, e vários dias depois o sistema ainda não havia se recuperado totalmente. Ou seja, a internet da Suécia inteira estava comprometida. Qual havia sido o problema? Segundo investigações, durante o processo de manutenção, um script configurado de forma incorreta, cujo propósito era atualizar a zona *.se*, introduziu um erro em cada nome daquele domínio. Mas era apenas uma teoria. Outra possibilidade aventada foi a de que o sistema de internet sueco pode ter entrado em colapso porque milhões de homens japoneses e chineses teriam resolvido procurar por Chako Paul, uma lendária aldeia de lésbicas em algum lugar da Suécia, desestabilizando os provedores de serviços de rede do país! Segundo essa hipótese, a rede inteira teria sido derrubada por asiáticos que pesquisavam no Google uma "aldeia" sueca que aparentemente não existe.

Notícia: Em novembro de 2009, o programa jornalístico americano *60 Minutes* [60 Minutos] afirmou que o apagão de dois dias no estado brasileiro do Espírito Santo, em 2007, teria sido resultado da ação de hackers. Sem citar fontes, a reportagem alegava que o alvo era o sistema de computadores de uma empresa de serviços públicos. O apagão afetou três milhões de pessoas, precedendo um grande blecaute em 2009 que deixou às escuras as duas maiores cidades do Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro, além de grande parte do Paraguai. Como se constatou mais tarde, nenhum desses incidentes parece ter tido relação com invasão de sistemas computacionais. No caso de 2007, o problema foi um simples erro humano: uma falha na manutenção de isoladores elétricos, que acumularam tanta fuligem a ponto de entrar em curto-circuito. As explicações para o apagão bem maior do final de 2009 são mais interessantes: elas incluem desde uma grande tempestade que teria destruído linhas de transmissão da hidrelétrica de Itaipu, responsável por 20% do abastecimento de energia elétrica no Brasil (segundo os registros meteorológicos, não houve nenhuma tempestade na região naquele período), até agentes renegados do Mossad, serviço secreto israelense, que teriam invadido a rede nacional de energia elétrica (explicação preferida do presidente Luís Inácio Lula da Silva), passando pelo "efeito borboleta" provocado por uma interrupção no funcionamento do Grande Colisor de Hádrons, no Centro Europeu de Pesquisa Nuclear (CERN), em Genebra, com mais ou menos a mesma duração do blecaute, e pela participação de OVNIs sob a forma de uma nave mãe alienígena que teria se abastecido de energia da central elétrica. Em resumo, ninguém sabia nada!

Notícia: No dia 17 de maio de 2007, o Ministério de Defesa da Estônia acusou o governo russo de ser o principal suspeito pelos ataques de hackers a sites do país, afirmando que mais de um milhão de computadores no mundo inteiro haviam sido usados nas semanas anteriores para realizar os ataques,

após a remoção de uma polêmica estátua soviética do centro de Tallinn, capital da Estônia. Madis Mikko, porta-voz do Ministério da Defesa, declarou: "Quando um aeroporto, um banco ou alguma entidade estatal são atacados por um míssil, ninguém duvida que é uma guerra. Mas se o mesmo resultado for alcançado por computadores, que nome devemos usar?"

Notícia: A China Telecom informou que, segundo o Instituto de Monitoramento de Terremotos da China, no dia 26 de dezembro de 2006, entre 20h26 e 20h34, horário de Pequim, ocorreram terremotos de magnitudes 7,2 e 6,7 no mar da China Meridional. Os cabos de comunicação submarina Sina-US, Asia-Pacific Cable 1, Asia-Pacific Cable 2, FLAG Cable, Asia-Euro Cable e FNAL foram danificados. A ruptura desses cabos, que aconteceu cerca de quinze quilômetros ao sul de Taiwan, afetou severamente as telecomunicações nacionais e internacionais nas regiões vizinhas por várias semanas, até que o estrago pudesse ser reparado.

Outras fontes na época informaram que as comunicações direcionadas a China continental, Taiwan, Estados Unidos e Europa tinham sido drasticamente interrompidas e que as conexões de internet para países e regiões fora da China continental haviam se tornado bastante instáveis. Além disso, serviços de mensagem de voz e telefonia também foram afetados.

Essas notícias não contavam nem a metade da história. A China e o Sudeste Asiático viram seu potencial de comunicação despencar mais de 90%, num processo que os chineses começaram a chamar de "World Wide Wait" ("espera mundial", em vez de World Wide Web, "rede mundial"). O que essa pane revelou foi o estado lastimável da tecnologia de telecomunicações na China. Como a agência internacional de notícias AFP classificou: "A China está recorrendo à tecnologia do século XIX para resolver um problema do século XXI."

Para finalizar, mais um ou dois parágrafos sobre algo que ninguém julgava possível: o desaparecimento *total e completo* da internet numa importante região do mundo.

Notícia: Às 12h30 de uma sexta-feira, dia 28 de janeiro de 2011, a internet saiu do ar no Egito. Naquele momento, todos os links que conectavam o país ao resto do mundo deixaram de funcionar, não por coincidência, na mesma hora em que manifestantes se preparavam para protestar, com passeatas e discursos, contra o brutal regime do presidente Hosni Mubarak, que já durava trinta anos. Ao que tudo indica, o Egito fez o que muitos especialistas diriam ser inconcebível para um país cuja economia se baseia fundamentalmente na internet: desligou-se totalmente da rede, numa

tentativa de reprimir a oposição. Afora a questão de por que isso aconteceu (o que não é difícil de responder), os aspectos técnicos de *como* aconteceu valem uma olhada rápida.

Num país como os Estados Unidos, existem inúmeros provedores de internet e uma infinidade de formas de se conectar à rede. No Egito, quase todos os links do sistema são controlados por apenas quatro provedores, sob estrita supervisão do governo central. Ao contrário dos Estados Unidos, onde seria necessário contatar centenas ou até milhares de provedores para tentar coordenar uma desativação integral e simultânea do serviço de rede, no Egito esse problema podia ser resolvido com alguns telefonemas. Ou seja, o que aconteceu foi possível porque o país é um dos poucos em que as conexões centrais de internet estão nas mãos de muito pouca gente, a ponto de poderem ser cortadas ao mesmo tempo. Aqui vemos um evidente descompasso de complexidade entre o sistema de controle da internet egípcia e seus usuários.

Especialistas dizem que o que diferencia a ação do Egito daquelas de países como a China e o Irã, que também restringiram segmentos da internet para controlar a oposição, é que toda a nação se desconectou num esforço coordenado, e todos os aparelhos eletrônicos foram afetados, desde celulares até *mainframes*. Poderíamos nos perguntar por que isso não aconteceu mais vezes em lugares como o Irã ou até mesmo a Costa do Marfim, onde a dissidência política é um aborrecimento constante para as autoridades governantes. O motivo é, em grande parte, de fundo econômico. No mundo de hoje, a economia e os mercados dos países dependem demais da internet para desligá-la em nome de um assunto tão efêmero quanto uma possível mudança de regime. Os ditadores vão e vêm, mas o dinheiro nunca dorme.

A falha (ou intenção) humana é, sem dúvida, a principal causa de um possível comprometimento da internet. Mas, como sempre, o interessante está nos detalhes, e os pormenores podem abranger uma série de métodos, que vão de ataques ao sistema DNS no estilo Kaminsky àqueles direcionados ao usuário final. Até ataques voltados para a trama social da internet foram cogitados, desde o envio de spams com ameaças de morte para convencer os usuários de que ela não é um lugar seguro até o incentivo à sindicalização dos administradores de sites da web, o que possibilitaria uma greve. Resumindo, há tantas maneiras de derrubar o sistema, ou pelo menos uma imensa parte dele, que o mais impressionante é que isso não aconteça com mais frequência.

Histórias como essas poderiam ter acontecido muito mais vezes, mas nenhuma delas representa o tipo de acontecimento capaz de lançar a sociedade global num abismo, mesmo sendo desastrosas sob muitos aspectos. O mais

preocupante é que todos esses casos poderiam ter se transformado numa catástrofe mundial se os eventos tivessem ocorrido de maneira só um pouquinho diferente. O fato mais relevante, contudo, é que nenhum dos países envolvidos estava realmente preparado para lidar com aqueles ataques à sua infraestrutura. Como diz um antigo ditado vienense, as situações eram desesperadoras — mas não sérias. A lição é clara: as infraestruturas que mais utilizamos em quase todos os aspectos da vida moderna dependem totalmente de sistemas de comunicação computacionais cuja imensa maioria se conecta via internet. Assim, quando uma infraestrutura falha, seja qual for o motivo, os primeiros acusados geralmente são hackers anônimos, que derrubariam o sistema por diversão ou talvez para ganhar alguma coisa. Às vezes, é exatamente o que se passa. Mas "às vezes" ou até "ocasionalmente" já se trata de uma frequência excessiva para sistemas tão fundamentais para o funcionamento da sociedade industrializada moderna. Sendo assim, precisamos saber como esses abalos cibernéticos podem acontecer e o que podemos fazer para minimizar os danos que eles causariam.

Como ponto de partida na "desconstrução" do problema, precisamos saber a verdadeira magnitude da internet, para termos uma ideia do que aconteceria se ela saísse do ar por completo.

QUANDO A MÚSICA PARA

A INTERNET É UM sistema quase inimaginavelmente grande sob qualquer perspectiva que se empregue. Eis alguns dados estatísticos que corroboram esse ponto.

- Em meados de 2008, havia mais de um trilhão de endereços de internet, número bem superior ao da população mundial. (Observação: esse número é composto de endereços de internet, não apenas aqueles na World Wide Web, que totalizam cerca de duzentos milhões — os que começam com www). Levaria mais de trinta mil anos só para que todos fossem lidos.

- Existem mais ou menos 150 endereços web por pessoa hoje em dia.

- O conteúdo de informações na internet perfaz um total de aproximadamente cinco milhões de terabytes, ou cinco bilhões de gigabytes. Armazenar toda essa quantidade de dados demandaria uma capacidade equivalente a cerca de um milhão de cérebros humanos. Em outras palavras, é informação para mais de um bilhão de DVDs. Complementando: em mais ou menos uma década de existência, o Google conseguiu indexar somente 0,5% desses dados.

Diante de números tão descomunais, vemos claramente a enorme complexidade da internet como uma rede de bilhões de nós ligados por mais muitos bilhões de conexões, tudo em movimento dinâmico a cada momento todos os dias.

• • •

O COMEDIANTE LOUIS CK fala em seu show de uma viagem num avião equipado com sistema *wi-fi* de alta velocidade. De repente, o homem sentado a seu lado fica possesso com a companhia aérea porque perdeu a conexão. Louis CK comenta: “De uma hora para outra, o mundo lhe deve algo que ele só soube que existia dez segundos antes.” Os seres humanos realmente se acostumam muito rápido com novas engenhocas tecnológicas, incorporando-as a seu estilo de vida quase da noite para o dia, principalmente quando elas facilitam a comunicação. Seja por telefones, aviões a jato, e-mail, estamos programados para nos conectar uns com os outros — e quanto mais rápido, melhor.

Para avaliar o nível de dependência da humanidade em relação à internet, a Intel, fabricante de microprocessadores, realizou uma pesquisa sobre o assunto há alguns anos. A empresa perguntou a mais de dois mil homens e mulheres de todas as idades e todos os estilos de vida o que eles escolheriam: abrir mão de sexo por duas semanas ou do acesso à internet pelo mesmo período de tempo. O resultado foi impressionante: 46% das mulheres entrevistadas e 30% dos homens afirmaram preferir abrir mão do sexo. Em termos gerais, entre todos os gastos opcionais — TV a cabo, refeições em restaurantes, ginástica e até comprar roupas (o que é bem difícil de acreditar) —, a internet ficou em primeiro lugar na lista de prioridades. No total, quase dois terços dos adultos entrevistados declararam que simplesmente não conseguiriam viver sem internet.

Curiosamente, uma pesquisa semelhante realizada pela Dynamic Markets em 2003 junto a funcionários de empresas e gerentes de TI na Europa e na América do Norte sobre a tensão diante da impossibilidade de acessar o e-mail constatou que a privação do correio eletrônico causa mais estresse do que divórcio, casamento ou mudança para uma nova casa! A pergunta seguinte era quanto tempo as pessoas levariam para ficar estressadas, e 20% dos entrevistados disseram que isso ocorreria “imediatamente”, enquanto 82% confessaram que ficariam muito irritados ao final de uma hora. Em outubro de 2010, a Avanti Communications informou, após uma pesquisa com empresas do mundo inteiro, que cerca de 30% delas não poderiam funcionar sem internet. Apenas 1% respondeu que continuaria operando normalmente sem conexão com a rede. O ponto principal é evidente: além de amarmos a internet, literalmente não conseguimos viver sem ela. Isso é que é tecnologia transformadora!

A navegação na web e os e-mails, entretanto, são conveniências, algo que geralmente não configura uma questão de vida ou morte. Qual a importância da internet em relação a questões mais elementares de sobrevivência, como comer, beber, ganhar dinheiro e permanecer saudável? Resposta: muito *maior* do que imaginamos. Aliás, sua importância beira o crucial. Para frisar bem esse ponto, eis algumas das infraestruturas utilizadas no dia a dia que desapareceriam de nossas vidas caso a internet parasse de funcionar.

Transações financeiras pessoais e comerciais: Seja por meio de cartão de crédito, cheque ou transferência bancária, seu dinheiro viaja pela internet. Evidentemente, as instituições financeiras têm cópias de seus arquivos, mas o trabalho realizado por seres humanos para processar toda a papelada leva tempo, muito tempo, em comparação com a rapidez de uma transação via caixa eletrônico, banco on-line ou compra virtual.

Quando se fala de "grandes quantias", a situação é muito pior. Embora seja difícil precisar o volume total de transações financeiras processadas diariamente pela internet em todo o planeta, podemos ter uma ideia de sua magnitude ao examinar o volume diário de operações cambiais. Em 2007, a quantidade de dinheiro que circulava pelo sistema era de quase quatro trilhões de dólares por dia. Atualmente, esse número deve estar beirando os dez trilhões de dólares diários, ou mais. E isso acontece em todo o dia útil. O que aconteceria se a internet deixasse de funcionar e essas transações tivessem que ser feitas por fax, telefone ou até mesmo pelo correio tradicional, como no passado? Estremeço só de pensar. Uma coisa é certa: em todo o mundo, a vida viraria uma bagunça após uma crise dessas, e a confusão duraria semanas, meses e possivelmente anos, mesmo que as panes durassem apenas alguns dias. Empresas quebrariam, muitos governos poderiam desmoronar e o caos reinaria, soberano.

Comércio varejista: Quase todas as lojas e os supermercados dependem de um controle de estoque automatizado para manter as prateleiras abastecidas, para a alegria dos consumidores. Por exemplo, cada vez que você compra um artigo numa rede como a H&M ou numa livraria como a Barnes & Noble, a caixa registradora imediatamente notifica um computador central sobre o item comprado e a localização da loja, indicando ao depósito que um item de reposição deve ser enviado para lá. Esse sistema — juntamente com quase todo o comércio varejista — desapareceria em nanossegundos após o colapso da internet. O mesmo vale para outros pontos de venda a varejo, como postos de gasolina, farmácias e mercearias, dos quais depende a nossa vida diária.

Para sentir o tamanho do problema, cerca de catorze bilhões de dólares

são gastos diariamente só nos Estados Unidos em um bilhão de transações individuais — apenas em comida e produtos de varejo associados. No entanto, somente uma fração minúscula dessas transações poderia ser efetuada caso o sistema de comunicação utilizado para registrar a compra, atualizar estoques etc. deixasse de funcionar.

Sistema de saúde: Quase todos os prontuários hoje em dia estão armazenados on-line, de modo que médicos, hospitais e farmácias teriam dificuldade em acessar o histórico do paciente sem a internet, o que, por sua vez, provocaria uma grave degradação na disponibilidade imediata dos serviços de saúde. Embora você possa obter atendimento sem seu prontuário médico, seria possível obtê-lo sem seu cartão/registro do plano de saúde? Que médico ou hospital o acolheria sem ter como verificar se você pode pagar? Não tem problema, você diz. Eu pago em dinheiro. Tem certeza? De onde você vai tirar as cédulas se os caixas eletrônicos e os bancos estiverem todos indisponíveis? E conseguir, em dinheiro vivo, o exorbitante valor que os hospitais cobram não é para qualquer um. Ou seja, ficar doente sem internet seria muito pior do que é hoje em dia.

Transporte: Companhias aéreas e ferroviárias dependem da internet para programar e monitorar seus serviços. Podemos afirmar que uma pane provocaria o fechamento de diversos aeroportos no mundo inteiro, assim como sérios problemas com o transporte terrestre, incluindo os caminhões e trens que entregam os bens básicos do dia a dia aos supermercados e ao varejo em geral.

Essa lista poderia se estender consideravelmente se abrangesse o colapso de infraestruturas de todos os tipos — comunicação, energia elétrica, serviços públicos, atividades empresariais etc. Mas seria desnecessário. Esse resumo já serve para provar que todo e qualquer aspecto de nossa vida que hoje julgamos garantido estaria dramaticamente ameaçado diante de uma grande pane da internet. Com isso em mente, vejamos como isso poderia acontecer.

AS RAÍZES DO PROBLEMA

AS POSSÍVEIS PANES DA internet podem ser divididas, *grosso modo*, em duas categorias: (1) *panes sistêmicas*, devido a limitações inerentes à estrutura em si e ao crescimento exponencial do volume de tráfego que o sistema precisa atender, e (2) *ataques propositais* por parte de hackers, terroristas ou grupos que visam transformar a internet em refém de seus objetivos. Tratarei da segunda categoria na próxima seção. Na primeira categoria podemos incluir falhas de hardware e

de software. Eis alguns exemplos não tão conhecidos para ilustrar algumas possibilidades.

***Buracos negros*:** Quando não conseguimos acessar um site específico num determinado momento, geralmente é por abandono, problemas com o servidor, questões de manutenção ou algum outro motivo fácil de explicar. Mas às vezes o site simplesmente não carrega. Ocasionalmente, existe uma ligação entre seu computador e aquele que hospeda o site que você tenta acessar, mas a mensagem se perde no meio do caminho e cai para sempre num "buraco negro" de informações. Pesquisadores verificaram que mais de 7% dos computadores do mundo inteiro experimentaram esse tipo de falha pelo menos uma vez durante um teste de três semanas realizado em 2007. A estimativa é de que, a cada dia, surjam mais de dois milhões de buracos negros temporários.

Uma das razões para esses sumidouros de informação são dificuldades de roteamento resultantes dos bilhões de usuários de internet que enviam e recebem mensagens diariamente. À medida que esse tráfego aumenta, os roteadores responsáveis por conectar a fonte das mensagens ao destino pretendido sofrem uma grave sobrecarga de complexidade, como um cérebro humano que precisasse processar um grande número de informações e reações num espaço de tempo muito curto. No caso humano, um estresse contínuo desse tipo pode gerar um esgotamento nervoso. O equivalente virtual é algo que preocupa cientistas da computação como Dmitri Krioukov, da Universidade da Califórnia, San Diego: um colapso que levaria a internet *inteira* para um buraco negro.

Aproveito o ensejo para mencionar outro bom exemplo de descompasso de complexidade. Quando a internet foi criada, as pessoas acreditavam que a rede (os links) seria lerda, mas que os pontos finais (os nós) seriam inteligentes. Mas manter a segurança nos pontos finais tem sido um desafio e começamos a ver sobrecargas de complexidade a cada novo tipo de ataque. Um colapso do tipo previsto por Tainter pode realmente acontecer se as pessoas começarem a perder a confiança, deixando de fazer compras on-line, evitando redes sociais etc. Em essência, a internet ruiria na irrelevância.

Consumo de energia: A energia consumida para sustentar mais de dois bilhões de buscas diárias do Google é maior do que a energia elétrica consumida pelas três mil casas de Mountain View, sede do Google, na Califórnia. Agora, considere que o YouTube, um subsidiário do Google, responde por mais de 10% do total da largura de banda de internet. Some a isso sites de redes sociais, como o Facebook e o Twitter, e sites de *streaming*

de vídeos, como o Netflix, e se começa a ter uma ideia de quem são os grandes consumidores de banda larga da internet. Cada um desses serviços precisa de grandes centros de processamento de dados, ou "fazendas de servidores", para dar conta da enxurrada de bits e bytes que têm de circular pela rede ininterruptamente.

O calor produzido por esses centros de processamento de dados deve ser controlado no local que abriga os servidores, para mantê-los a uma temperatura ambiente normal de cerca de 20°C. Em vez de ser reaproveitado, esse calor, na maior parte dos casos, é simplesmente bombeado para fora, contribuindo para o aquecimento global do planeta. Além disso, a energia consumida para a refrigeração aproxima-se do consumo dos próprios servidores. O mais preocupante é que a situação avança aos saltos, sem cessar. Portanto, se os avanços tecnológicos não conseguirem dar um jeito nesse "calor mortal", o mais provável é que os centros de processamento de dados não tenham como ser resfriados e acabem literalmente fundindo, quando as CPUs ou outros hardwares do servidor queimarem. O resultado final é nítido: se os centros de processamento de dados desaparecerem, a internet deixa de existir.

Fragilidade de cabeamento: Os cabos de fibra óptica no fundo do mar, que transmitem chamadas telefônicas e tráfego de internet pelo mundo inteiro, têm menos de uma polegada de espessura — uma linha muito fina, no sentido literal e figurado, sobre a qual se apoia um mundo conectado. Curiosamente, esses cabos se rompem com regularidade. De um modo geral, no entanto, o serviço não é interrompido quando isso acontece, pois as companhias de telecomunicação possuem sistemas de backup e simplesmente usam rotas alternativas enquanto as linhas principais estão sob reparo. Mas nem sempre!

Um bom exemplo do que pode acontecer ocorreu em 2008, quando dois dos três cabos que atravessam o Canal de Suez se romperam no fundo do oceano, perto de Alexandria, no Egito, causando a interrupção dos serviços de telefone e internet com origem no Oriente Médio e Índia com destino à Europa e obrigando o tráfego a dar a volta ao mundo pelo caminho contrário.

Devido a acidentes geográficos e geopolíticos, existem diversos pontos de estrangulamento nas redes de comunicação mundiais, e o Egito é um deles. Como a forma mais barata de conduzir o tráfego por longas distâncias é por meio de cabos submarinos, um lugar como o Egito, banhado pelos mares Mediterrâneo e Vermelho (por sua vez, ligado ao oceano Índico), é uma opção atraente. Consequentemente, os cabos que transportam informações da Europa para a Índia seguem a rota do Canal de Suez — assim como os navios. Mas o Egito não é o único ponto de estrangulamento.

O fundo do oceano ao largo da costa de Taiwan é outro problema, o que explica por que o terremoto
de dezembro de 2006, que destruiu sete dos oito cabos daquela região, prejudicou a comunicação em Hong Kong e em toda a Ásia por meses, até serem consertados. O Havaí é um terceiro ponto de estrangulamento para o tráfego que conecta os Estados Unidos à Austrália e à Nova Zelândia. Todos esses pontos constituem ótimos alvos de oportunidades de desaceleração da internet em grandes áreas do mundo.

Escalabilidade de roteadores: A cada minuto que passa, centenas de pontos de conexão de internet ficam off-line. Nem percebemos, porque a rede simplesmente isola os links de conexão que estão fora do ar e cria uma nova rota, contornando-os. Essa reconfiguração é possível graças às sub-redes, que se comunicam umas com as outras por meio dos chamados "roteadores". Quando um link de comunicação é modificado, roteadores próximos informam seus vizinhos, que em seguida transmitem a informação à rede inteira.

Alguns anos atrás, pesquisadores dos Estados Unidos criaram um método para interferir na conexão entre dois roteadores, interrompendo o protocolo que eles utilizam para a comunicação, fazendo parecer que o link entre eles está off-line em vez de ativo. Vale observar que essa interrupção é local, afetando somente o link de conexão entre um roteador e seus vizinhos diretos. Mas há pouco tempo, Max Schuchard e seus colegas da Universidade de Minnesota descobriram como estender a interrupção à internet inteira.

A técnica de Schuchard baseia-se num ataque de negação de serviço (DOS, de *denial-of-service*), que significa bombardear um determinado site ou sites com tanto tráfego de entrada que os servidores do site visado não conseguem lidar com o volume de informações e param de funcionar. A experiência de Schuchard tinha um aspecto técnico que permitiria derrubar toda a internet usando uma rede de cerca de 250 mil computadores "escravos" dedicados à tarefa. Os detalhes não vêm ao caso neste livro, mas a ideia geral é criar cada vez mais buracos na rede de roteadores até que a comunicação se torne impossível. Schuchard comenta: "Uma vez iniciado o ataque, a questão não teria como ser resolvida por meios técnicos. Os operadores de rede teriam mesmo que falar uns com os outros." Para restaurar o serviço de internet, cada subsistema teria que ser desligado e reiniciado para liberar o tráfego criado pelo ataque DOS, processo que levaria vários dias, talvez mais. Seria esse procedimento uma forma viável de derrubar a internet?

Um agressor que comanda 250 mil computadores "zumbis" em geral não está pensando em derrubar a internet, mas em empregá-la em nome de

vis interesses comerciais. Essa regra, no entanto, não se aplica a governos. Tal situação serviria no caso de um país querer simplesmente se desligar da internet, como fez o Egito durante o levante contra o regime de Mubarak, no início de 2011. Esse país poderia, então, lançar um ataque contra um inimigo, ou mesmo contra o que sobrou da internet, mantendo sua própria rede interna intacta.

De qualquer maneira, o trabalho de Schuchard mostra que, independentemente de quem encabeça tal ataque, não há muito que possa ser feito no momento para combatê-lo. Até agora, nada parecido chegou perto de acontecer. Mas é por isto que se estudam os eventos X: coisas surpreendentes e prejudiciais ainda vão acontecer.

A escalabilidade de roteadores serve de introdução à segunda grande categoria de panes da internet: a falha humana e/ou intenções maliciosas.

NÃO FOI POR ACASO, MAS DE PROPÓSITO

NUMA BELA MANHÃ DE abril de 2009, a população do Vale do Silício acordou sem telefone, internet, celular e televisão a cabo. Segundo informou a AT&T, os cabos de fibra óptica da companhia haviam sido cortados em vários pontos, o que deu lugar a especulações de que os cortes foram realizados por trabalhadores encarregados de cuidar de sua manutenção, pois seu acordo sindical havia expirado poucos dias antes da falha no serviço. Além disso, os cortes precisos indicavam que havia sido utilizada uma serra de metais, em pontos próximos uns dos outros. Paradoxalmente, o que tornava tudo mais assustador, esses cortes eram fáceis de consertar, o que nos leva a imaginar o que poderia ter acontecido se os criminosos, quem quer que fossem, tivessem jogado gasolina e fundido tudo, ou se um grupo de descontentes tivesse se unido para coordenar um ataque com o objetivo de destruir conexões de fibra óptica em áreas de grande densidade de cabos.

De qualquer maneira, esse ataque mal-intencionado a um hardware responsável por toda a infraestrutura de telecomunicações, incluindo o corte dos cabos de internet, deu um novo significado ao termo “hacker”. Como todo mundo sabe, o uso dessa palavra geralmente está associado a um ataque baseado na invasão de um software, e não à destruição física de equipamentos subterrâneos ou submarinos. Vamos, então, dar uma olhada rápida nas formas comuns de derrubar a internet com alterações sutis na informação de programas, sem precisar destruir nada material.

O tipo de ataque a softwares mais conhecido emprega alguma espécie de vírus. Assim como seus equivalentes biológicos, os vírus de computador apoderam-se do sistema operacional de seus anfitriões e fazem com que

realizem as instruções codificadas no próprio vírus, em vez de obedecer ao sistema operacional da máquina. No final de 2009, um diabinho cruel chamado Stuxnet infectou 45 mil computadores no mundo inteiro, demonstrando um gosto especial por equipamentos de controle industrial produzidos pela Siemens AG alemã e utilizados principalmente no Irã. Como eram empregados pelos iranianos em seu programa nuclear (e provavelmente também no desenvolvimento de armas), a maioria dos especialistas achou que o ataque fora promovido por indivíduos que trabalhavam para um país ou uma abastada organização privada com o objetivo de interromper a pesquisa nuclear. (Para os aficionados pelo tema, o Stuxnet não era exatamente um vírus, e sim um *worm*. Para o propósito deste livro, porém, isso não faz diferença.)

O Stuxnet foi uma criação maligna que anunciou uma nova forma de guerra: matar com falsas informações em vez de metralhadoras e bombas. Por que enviar tropas para destruir infraestruturas essenciais (como usinas hidrelétricas e estações de tratamento de água) quando se pode fazer isso a distância, do outro lado do mundo, utilizando bits e bytes? À medida que um número cada vez maior de operações militares é conduzido basicamente por veículos teleguiados, como o avião americano Predator, é possível que tais armas sejam comprometidas e usadas contra os aliados. Isso sem falar nas possibilidades de violação dos sistemas nacionais de segurança e redes de inteligência. Ou mesmo no comando e controle de armas nucleares, assunto que discutiremos mais adiante.

Não podemos descartar também a existência de outro defeito ao estilo Kaminsky à espreita em algum lugar nas profundezas da internet, algo diferente do problema com o DNS que ele descobriu, mas igualmente perigoso. Evidentemente, esse tipo de falha "kaminskyana" entra na categoria de "incógnita desconhecida", levemente análoga à ameaça de uma invasão alienígena. Como invasores tenebrosos vindos do espaço, uma falha de projeto no centro da internet pode existir ou não. Mesmo se existir, pode ser que nunca apareça. Não há como avaliar essa possibilidade de maneira lógica. Deixo-a, portanto, na categoria de incógnitas desconhecidas e sigo adiante para uma segunda forma de desativar partes da internet: um amplo ataque de negação de serviço (DOS).

• • •

NO DIA 4 DE julho de 2009, computadores de entidades governamentais americanas foram bombardeados por ataques DOS durante vários dias. Entre os sistemas afetados estavam os do Tesouro, do Serviço Secreto, da

Comissão Federal de Comércio e do Departamento de Transportes. Segundo empresas privadas de monitoramento, o site do Departamento de Transportes ficou completamente fora do ar por dois dias seguidos, de modo que os usuários não tiveram como acessá-lo durante um dos fins de semana de mais movimento do ano. Ben Rushlo, diretor de tecnologias de internet da Keynote Systems, empresa que monitora panes em sites, comentou: "Tudo isso me parece muito estranho. É algo que não se vê. Ficar totalmente fora do ar por um período superior a 24 horas é um acontecimento muito grave. O fato de a pane ter durado tanto tempo e de ter sido tão eficaz nos diz algo a respeito da capacidade do site de se defender [de um ataque] ou da gravidade do ataque."

Na verdade, os ataques DOS não são nada raros, apesar de ser difícil medir quantos ataques desse tipo acontecem normalmente. Em 2005, Jelena Mirkovic e seus colegas estimaram uma média de doze mil por semana. Obviamente, esse número não diminuiu desde então. Além disso, os ataques DOS são relativamente fáceis de desenvolver, utilizando programas disponíveis em grande escala. Podem ser ainda mais nocivos se milhares de computadores estiverem coordenados, cada um enviando mensagens para o alvo. Esse é exatamente o tipo mencionado anteriormente, que derrubou os sistemas de computadores da Estônia. Um ataque parecido aconteceu na Geórgia nas semanas que antecederam à guerra com a Rússia, quando o governo georgiano e sites empresariais desse país enfrentaram panes, mais uma vez atribuídas a ataques promovidos pelo governo russo. O Kremlin, claro, negou tudo. Mas especialistas ocidentais independentes rastrearam o tráfego de entrada até determinados nomes de domínio e dados de registro na web, concluindo que os órgãos militares e de segurança da Rússia foram realmente os responsáveis.

Para entender como os ataques DOS podem afetar a vida diária, é bom saber que a rede social Twitter ficou fora do ar por várias horas em 2009 por causa de um ataque promovido por um blogueiro solitário, que por coincidência também se encontrava na República da Geórgia. O ataque direcionava-se a outro blogueiro, identificado como "Cyxymu", versão em alfabeto cirílico da cidade de Sukhumi, capital da Abecásia. De acordo com Ray Dickenson, gerente de tecnologia da Authentium, uma empresa de segurança de computadores, "é como se um telespectador, por não gostar de um determinado programa num canal específico, decidisse detonar todo o sistema de televisão".

Ataques de vírus/*worms* e DOS capturam as manchetes provavelmente porque ameaçam a internet no nível em que os usuários interagem com o sistema — em seus próprios computadores e/ou servidores. Ataques nesse nível são bons para atiçar a mídia e ajudam quase todo mundo a entender o

problema, pois é algo que afeta todos diretamente. No entanto, embora não seja impossível, é pouco provável que a rede como um todo seja ameaçada por ataques "superficiais" desse tipo. Para derrubar a internet, ou grande parte dela, há que se aprofundar muito mais no sistema, como na história que contei antes sobre Dan Kaminsky e a brecha de segurança no sistema DNS. Ou talvez seja necessário um time mundial de hackers profissionais, daquele capaz de invadir as redes do Citibank, da Receita Federal americana, do canal de televisão PBS e de outras grandes organizações financeiras ou midiáticas, como ocorreu após os acontecimentos do WikiLeaks em 2011.

SINTETIZANDO

EM 2006, O ESPECIALISTA em segurança de computadores Noam Eppel publicou um artigo na internet intitulado "Security Absurdity: The Complete, Unquestionable, and Total Failure of Information Security" [O absurdo da segurança: o fracasso total e inquestionável da segurança da informação]. Como dá para imaginar pelo título, a matéria atraiu a atenção de muitos profissionais e empresas da área de segurança virtual. (Uma observação interessante que ratifica os problemas identificados por Eppel: enquanto escrevia este capítulo, resolvi procurar o artigo original para dar uma olhada em comentários que poderiam ter sido postados desde que fiz o download do texto, no final de 2007. Para meu total assombro, verifiquei que todos os resultados do Google referentes ao artigo em questão me direcionavam a um site chamado www.securityabsurdity.com, que aparentemente se apoderou do site original com o artigo. Ou seja, o artigo de Eppel "desapareceu".)

Eppel identificou dezesseis categorias diferentes de falhas de segurança que infestam a internet. Entre os principais tópicos estão spyware, vírus/*worms*, spam e ataques DOS. Até onde sei, muito pouco ou quase nada foi feito para resolver qualquer um dos problemas da lista de Eppel. Como ele mesmo observou, a situação é bastante parecida com a história do sapo e a panela de água fervente. Se o sapo entra numa panela com água fria que vai sendo aquecida aos poucos até ferver, ele cai num estado de torpor à medida que a água esquenta e acaba morrendo cozido, sem reagir. De acordo com Eppel, o sapo dessa história serve de analogia para o setor de segurança de computadores. O sistema está morrendo, mas a morte é tolerada simplesmente porque estamos acostumados com o processo. Em suma, a segurança está falindo em todos os aspectos pois está sendo superada pela inovação. E quem está por trás dessa inovação? Resposta:

uma grande comunidade de fornecedores de supostos sistemas de segurança, criminosos do mundo virtual, disseminadores de spam e outros dessa laia, sem falar da cumplicidade voluntária de usuários de computador que caem na lábia dos "profissionais".

Só para se ter uma ideia da gravidade do problema de segurança na internet para o usuário comum, realizaram-se estudos para determinar quanto tempo um computador novinho em folha leva para ser infectado por algum tipo de spyware, vírus, roubo de identidade ou qualquer outro malware desde que é ligado e se conecta à internet. O tempo médio de infecção constatado é de aproximadamente quatro minutos! Em alguns casos, verificou-se que o tempo que alguém de fora leva para assumir o controle total do computador, transformando-o num "zumbi", é de apenas trinta segundos! Não restam dúvidas de que o que estamos enfrentando não é uma epidemia de segurança, mas uma pandemia generalizada.

Mesmo diante desses resultados (e você pode fazer a experiência por conta própria se não estiver acreditando), uma rápida olhada nos sites que reportam violações à segurança na internet em tempo real o convencerá de que não há nada errado. Por exemplo, acabei de olhar alguns sites de monitoramento de ameaças em tempo real de empresas que vendem pacotes antivírus (evitarei mencionar nomes para proteger o anonimato dos culpados). Analisando seus mapas de ameaça e problemas de segurança no mundo, você verá um ponto luminoso aqui e ali, mas em todos os casos o nível de ameaça geral à internet está no máximo na zona amarela, indicando atenção. Na maioria das regiões, segundo os sites, está na zona verde, ou seja, sem riscos. No entanto, pesquisando casualmente o termo "ameaça à segurança na internet", encontrei uma infinidade de artigos afirmando que o número de ameaças está aumentando drasticamente em relação ao ano anterior. O que é curioso, para não dizer preocupante, é que alguns desses artigos foram escritos pelas mesmas empresas cujos mapas de ameaça nunca mostram a internet sob ataque. Se isso não for um exemplo nítido de um sapo dentro de uma panela com água esquentando, não sei o que mais poderia ser.

Vale a pena ressaltar que as necessidades e os desejos do mercado de segurança de computadores não são os únicos elementos a nos prender à internet existente. As empresas de tecnologia também estão encurraladas. Elas têm que vender os produtos atuais, e há um alto nível de incerteza para se fazer investimentos em nova tecnologia. Administradores de informações das corporações precisam defender decisões de compra anteriores. Então, como realizar uma "renovação" ou introduzir uma internet inteiramente nova? A U.S. National Science Foundation (Fundação Nacional de Ciência dos Estados Unidos), por meio do projeto GENI, criou um laboratório virtual

para explorar futuras possibilidades em ampla escala e gerar oportunidades para compreender, inovar e transformar redes globais e suas interações com a sociedade. Outros grupos privados estão explorando o mesmo território, com o intuito de descobrir como transitar de forma harmônica da internet existente para uma versão muito mais segura e simples de usar sem pôr tudo a perder.

O ponto principal aqui é que não existe segurança de verdade na rede. De certa maneira, no uso diário, a internet funciona sem furos óbvios, mas isso não significa que eles não estejam ali e que não continuem crescendo. A questão é quando esses furos aumentarão a ponto de tragar pessoas, empresas e governos, sem retorno. Nesse momento, os dias da internet estarão contados, pelo menos para aquilo que conhecemos agora. O sistema atual utiliza uma arquitetura da década de 1970 para atender a necessidades do século XXI não previstas naquele tempo feliz de um mundo bipolar. (Tente usar um computador dos anos 1970 hoje para acessar a internet!) Os dois sistemas em interação criaram um imenso desnível de complexidade que está se ampliando diariamente. Logo ele precisará ser reduzido… por bem ou por mal.

QUANDO VAMOS COMER?

O ESGOTAMENTO DO SISTEMA GLOBAL DE ABASTECIMENTO DE ALIMENTOS

OS FATOS

VOCÊ SABIA QUE:

• Mais de quatro milhões de pessoas ficaram pobres desde junho de 2011 devido ao aumento do preço dos alimentos?

• Devido à diminuição no suprimento de água, a Arábia Saudita não poderá mais produzir trigo a partir de 2012?

• Como nossa forma de produzir e transportar alimentos hoje em dia depende muito do petróleo, os preços continuarão atrelados, e, se subirem demais, algumas formas de produção de alimentos deixarão de ser economicamente viáveis?

• De acordo com estudos realizados pela Global Phosphorus Research Initiative, nas próximas duas ou três décadas não haverá fósforo suficiente para atender às necessidades de produção de alimentos?

• O preço mundial dos alimentos subiu quase 40% desde o início de 2010?

• Doenças como a ferrugem do trigo, causada pelo fungo UG99, estão destruindo segmentos cada vez maiores do estoque mundial de alimentos?

Bem, essa lista poderia continuar por páginas e páginas. Não resta dúvida, porém, de que a cadeia mundial de fornecimento de alimentos está ameaçada por uma massiva “complexificação” do setor. Industrialização da agricultura, modificações genéticas, pesticidas, monocultura, instabilidade climática, crescimento da população, apropriação urbana de terras rurais (e de sua água)

etc. — todos esses fatores, individualmente e em conjunto, estão criando a base para um colapso (via evento X) da rede de produção e distribuição mundial. A industrialização da comida gerou uma dependência excessiva em determinados produtos agrícolas — milho, trigo, soja —, deixando-nos com uma diversidade natural reduzida de forma drástica, diversidade que sempre nos protegeu de pragas, variações climáticas e coisas do tipo. Alguns temem que os pesticidas estejam contribuindo para a evolução de "superpestes" (assim como os antibióticos contribuíram para o surgimento de supervírus) capazes de devastar o globo, imunes a qualquer tentativa de detê-los.

É muito mais provável que as complexidades conflitantes nas diferentes partes do sistema global de alimentos aumentem a sobrecarga de complexidade em vez de reduzi-la, a não ser que haja muito mais cooperação internacional no sentido de diminuir os desequilíbrios. Caso contrário, o terceiro cavaleiro do apocalipse — a fome — assolará o planeta, obrigando o mundo a enfrentar o problema em termos muito menos favoráveis do que os de hoje.

A maioria de nós, habitantes de um mundo industrializado, está acostumada a ver estantes de supermercados abarrotadas de comida barata dos mais variados tipos. É difícil imaginar que a vida poderia ser diferente. Mas, como diversas outras eras mencionadas neste livro, a era dos alimentos baratos e de fácil acesso está chegando ao fim, à medida que embarcamos numa jornada para um tempo em que simplesmente não haverá comida suficiente para todos. Se você começa a achar que esta é apenas mais uma história de terror malthusiano esperando para ser anulada por outra "revolução verde", continue lendo.

PESTE NEGRA 2.0

NO FINAL DO SÉCULO XIX, um fungo originário do Himalaia migrou das Índias Orientais Holandesas para a Europa e a América do Norte, onde atingiu as florestas do leste do Canadá, matando a grande maioria dos olmos. O fungo recebeu o apelido de "doença do olmo holandês", por ter sido identificado por cientistas da Holanda em 1917. Novas cepas surgiram no Reino Unido na década de 1970, dizimando mais de três quartos dos olmos da região. Conheça agora seu irmão caçula mais agressivo, o *Phytophthora ramorum* (PR), outro fungo patógeno que também teria surgido na Ásia e migrado para a Europa e o Reino Unido dentro de contêineres, na década de 1990. No entanto, em vez de olmos, que desapareceram quase totalmente, o PR está atacando os pinheiros-larícios que cobrem as regiões rurais de Devon, Cornwall e South Wales.

Como no caso de algumas doenças humanas — um câncer no ovário, por exemplo —, quando se descobre a infecção por PR já é tarde demais para salvar a árvore. Os primeiros sinais externos são quando as folhas começam a

escurecer, a parte interna do tronco fica marrom em vez de verde e começa a escorrer um líquido negro de várias rachaduras na casca. A essa altura, a árvore não tem mais como ser salva, devendo ser cortada e retirada do local para não contaminar o restante da floresta. E não são só os pinheiros-larícios que podem ser infectados. O fungo PR também ataca faias, castanheiras e uma grande variedade de plantas, como rododendros, lilases e as espécies do gênero viburnum.

A primeira aparição do PR no Reino Unido foi em 2002, numa planta do gênero viburnum, em East Sussex. O fungo, então, "pulou" para os rododendros e daí para outras espécies de plantas, por meio dos esporos de rododendros que viajam pela água, pelo ar e pela umidade. Até 2009, três cientistas haviam contabilizado apenas cem árvores infectadas, geralmente próximas a rododendros. Mas aí os esporos de PR começaram a germinar em todo o País de Gales, na Irlanda do Norte e na República da Irlanda. Para piorar o quadro, os esporos nas árvores se reproduziam cinco vezes mais depressa do que nos rododendros. Nesse momento, foi dada a largada na corrida para salvar as florestas da região, contrapondo a habilidade dos cientistas botânicos à virulência dos esporos do PR.

Se você subir numa montanha e olhar para as florestas de South Wales, verá uma paisagem que mais parece um campo de batalha reminiscente da Primeira Guerra Mundial, não uma floresta, pois hectares de tocos e galhos de árvores cortadas comprovam que ainda não se conhece a cura para o fungo PR além da antiga estratégia de desmatamento e queimada. Em fevereiro de 2011, quase 1,5 milhão de pinheiros-larícios foram cortados nos quinze meses anteriores, com previsão da derrubada de mais 1,2 milhão nos três meses seguintes — a fim de evitar uma catástrofe ainda maior.

O mais preocupante é que o patógeno PR permanece no solo por pelo menos cinco anos. O futuro dos pinheiros-larícios no Reino Unido, portanto, parece desolador, e o grande medo é que, quando já não existirem mais pinheiros-larícios, o PR passe para outras espécies. Alguns analistas experientes sugerem que o mirtilo e até mesmo a urze estão na lista de possibilidades. Atualmente, os botânicos parecem ter abandonado a ideia de erradicar o PR, concentrando seus esforços em seu controle. Na verdade, o que está começando a acontecer nas florestas da Grã-Bretanha é uma praga de proporções bíblicas, mas que, ao contrário da praga da Idade Média, provavelmente não desaparecerá tão cedo. Para ter uma ideia do que aconteceria se um assassino de plantas como o PR começasse a se espalhar descontroladamente por todo o globo, considere a seguinte história.

• • •

ALGUNS ANOS ANTES DE ser possível pesquisar qualquer livro, até mesmo aqueles fora de catálogo, com um simples clique em livrarias virtuais como a Amazon, empreendi uma odisseia mundial em sebos de todo o planeta, de Nova York a Christchurch, passando pelo Rio de Janeiro, com o objetivo de encontrar os cem maiores livros de ficção científica de todos os tempos. A ideia quixotesca foi despertada pelo livro *Science Fiction: The 100 Best Novels* [Ficção científica: os 100 melhores romances], do crítico e editor de ficção científica David Pringle, publicado em 1986. Num gesto louvável, Pringle não tentou ranquear seus cem preferidos, limitando-se a listá-los por ordem de publicação, a partir de *1984*, de George Orwell (1949), até *Neuromancer*, de William Gibson, que, por coincidência, foi lançado em 1984. Num ponto intermediário entre esses dois clássicos maravilhosos, ambos com visões um tanto sombrias do futuro, encontra-se outro clássico — igualmente sombrio —, *Chung-Li, a agonia do verde* (1956), do escritor britânico John Christopher.

O argumento da história de Christopher é um vírus botânico fora de controle, o Chung-Li, que destrói todas as gramíneas da China, provocando a fome de centenas de milhões de chineses. Tudo isso parece muito remoto para os Custance, uma família de classe média da Grã-Bretanha, que vive da terra no Distrito dos Lagos. Outro ramo da família, encabeçado pelo advogado John Custance, mora em Londres. No decorrer da história, John Custance descobre por meio de Roger, um amigo que trabalha para o governo britânico, que o vírus Chung-Li se espalhou e chegou à Grã-Bretanha. O trecho a seguir resume bem a essência do livro:

> *— Que se dane! — exclamou John. — Não estamos na China.*
> *— Não — retrucou Roger. — Estamos num país de 50 milhões de pessoas que importa quase metade dos alimentos que consome.*
> *— Talvez tenhamos que cortar gastos.*
> *— Os mortos — disse Roger — não fazem economias.*

As tentativas científicas de deter o vírus não dão em nada, e depois de um ano o mundo inteiro é afetado. John ouve de seu amigo do governo que o exército está prestes a isolar os grandes centros urbanos, pois apenas uma pequena parcela da população consegue sobreviver com uma dieta à base de raízes e pescados. Por isso, o governo decidiu que a única solução é reduzir a população, eliminando os moradores das cidades. A maior parte do livro trata da saga de John e sua família rumo à fazenda de seu irmão. No caminho, eles encontram um bando de salteadores, cidadãos que, como eles, fugiram das cidades e estão estuprando, pilhando e matando para conseguir sobreviver e alcançar o campo. No final, John e sua família chegam ao refúgio na fazenda do irmão, localizada

num vale isolado — e protegido —, onde eles estarão em posição melhor para defender seu território contra invasores.

• • •

COMO UM EXEMPLO VERDADEIRO de uma situação sem saída, apesar de não tão apocalíptica quanto a descrita em *Chung-Li, a agonia do verde*, o fungo PR mencionado anteriormente poderia causar a extinção total de pinheiros-larícios, rododendros e espécies do gênero. Embora a "agonia dos pinheiros-larícios" não represente uma ameaça verdadeira à vida na Terra, um fungo semelhante poderia se tornar uma catástrofe global se sofresse uma mutação e ameaçasse também as plantações de grãos. Diante dessa possibilidade de extinção de plantas, em 2008, o governo da Noruega construiu uma câmara subterrânea "apocalíptica" no interior de uma montanha no arquipélago ártico de Svalbard, a cerca de mil quilômetros do Polo Norte. Nas palavras do primeiro-ministro Jens Stoltenberg: "É uma Arca de Noé para assegurar a diversidade biológica às futuras gerações." Enterrada no *permafrost* de uma montanha, a câmara foi projetada para resistir a terremotos, ataques nucleares e, talvez, até ao impacto de um asteroide.

A motivação por trás de uma câmara dessas reside na industrialização do abastecimento mundial. As grandes empresas líderes na produção de alimentos restringem severamente a diversidade genética utilizando poucas variedades de sementes ou, em alguns casos, apenas *uma*. Se um fungo atingir aquela variedade específica, a produção pode ser gravemente prejudicada, provocando o colapso de todo o sistema de abastecimento. Daí a câmara de Svalbard.

Embora a região ártica pareça ser fria o suficiente para preservar as sementes, as variações de temperatura exigem que a câmara empregue um sistema potente de condicionamento de ar para manter a temperatura abaixo de –17°C. Congeladas, as sementes podem sobreviver por mil anos, embaladas em recipientes metálicos sobre as prateleiras azuis e laranja das salas de armazenamento. Cerca de 4,5 milhões de tipos de sementes de plantas como a cenoura, o trigo e o milho podem ser preservados. Só para constar, os primeiros exemplares depositados durante a cerimônia de abertura foram de uma coleção de sementes de arroz de 104 países.

Acredito que a maioria de nós se surpreenderá em saber que já existem cerca de catorze bancos de sementes no mundo todo. Muitos deles, porém, estão localizados em áreas de instabilidade política ou enfrentam problemas ambientais. Por exemplo, os do Iraque e do Afeganistão foram arrasados pela guerra; outro deles, nas Filipinas, foi destruído por um tufão, em 2006. Assim, tornou-se premente a necessidade de estabelecer um banco de sementes de

“supremo”, capaz de resistir a quase qualquer impacto da natureza ou do homem. Geoff Hawtin, do Global Crop Diversity Trust, responsável pela realização e pelo financiamento da operação, declarou: “O que entrará na câmara é uma cópia de todo o material que se encontra, no momento, em coleções no mundo inteiro.” Embora do ponto de vista formal a Noruega seja sua proprietária, qualquer país pode depositar sementes na câmara apocalíptica, gratuitamente, com o direito de retirá-las se necessário.

Um vírus botânico como o Chung-Li atinge bem no nível mais profundo a cadeia alimentar começando pelas gramíneas, de modo a destruir esse primeiro e vital elo. Mas os vírus não são a única forma de acabar com o mundo vegetal, pois existem outros elos na cadeia alimentar entre as gramíneas e a comida que chega a seu prato. A seguir, veja por que um desses elos também é motivo de grandes preocupações hoje em dia.

A MORTE DAS ABELHAS

UM DOS DOCUMENTÁRIOS MAIS consagrados dos últimos anos foi *The Vanishing of the Bees* [O sumiço das abelhas], que conta a história do desaparecimento misterioso de mais de um terço das abelhas da América do Norte e da Europa, no período de 2006 a 2008. O episódio em si, chamado de “distúrbio do colapso das colônias” (DCC), é retratado no filme acompanhando-se apicultores de verdade, observando-os enquanto eles abrem suas colmeias pela manhã e descobrem que todas as abelhas “se mandaram”, por assim dizer, literalmente da noite para o dia.

A ideia de que as abelhas estão desaparecendo inseriu-se na consciência do público e o filme aborda esse medo de muitas maneiras. Ninguém há de negar que a polinização das plantas feita pelas abelhas e outros animais como as borboletas e os pássaros tem um papel crucial na produção de frutos e sementes. Mais de 80% das 250 mil plantas em floração do planeta são polinizadas por eles. Outro fato inquestionável é que as abelhas-domésticas, as principais polinizadoras dentre as diversas espécies, começaram a morrer numa grande epidemia a partir de 2006. A questão é que seu desaparecimento constitui uma imensa redução na complexidade do processo de produção de alimentos, criando um desequilíbrio entre a variedade de ferramentas necessárias para a polinização e aquelas disponíveis, uma vez que sem as abelhas-domésticas o processo teria que ser realizado por um grupo menor de agentes.

Esses fatos levantam duas grandes questões em relação ao sistema de abastecimento alimentar humano: (1) Por que as abelhas-domésticas estão morrendo? (2) Qual a importância da polinização das abelhas no âmbito geral de produção de alimentos? Vejamos.

As abelhas-domésticas têm uma vida muito dura no mundo de hoje. São transportadas de caminhão de um lado para outro dos Estados Unidos por seus cuidadores para polinizar plantações de frutas e nozes, a começar pelas amêndoas da Califórnia no início da primavera e finalizando com as peras e maçãs do Oregon no início do outono. Vale ressaltar que essas são as chamadas "abelhas-domésticas comerciais", muito superiores em polinização às abelhas "selvagens". Para ter uma ideia do estrago que seria causado se elas desaparecessem totalmente, leve em conta que a Califórnia é responsável pelo suprimento de quase 80% das amêndoas do mundo, utilizadas em uma grande variedade de produtos, desde sorvetes até cosméticos. Não é de se estranhar, portanto, que empresas como a Häagen-Dazs estejam financiando iniciativas para conscientizar as pessoas sobre a importância das abelhas na agricultura. Sendo bem direto: se não tiver abelha, adeus plantação e adeus produtos.

Para se ter uma ideia do impacto do DCC na economia apicultora, os produtores de amêndoas pagaram uma taxa de aluguel de 175 dólares por colmeia em 2009, quase o dobro do preço cobrado apenas quatro anos antes. Então, se você colocar uma colmeia por acre (0,4 hectare) de plantação e sua plantação tiver dois mil acres (810 hectares), estamos falando de um aumento no custo de produção de duzentos mil dólares ou mais, somente em gastos com polinização. Como disse John Replogle, ex-CEO da Burt's Bees, empresa de cosméticos que vende cremes à base de amêndoas: "Se as abelhas se vão, o mesmo acontece com as amêndoas." Se contabilizarmos maçãs, peras, mirtilos e zilhões de outras frutas, nozes e plantas que as abelhas polinizam, começa-se a ter uma ideia melhor da magnitude do problema criado pelo seu desaparecimento. O que os biólogos da conservação e especialistas em abelhas dizem a respeito das causas do DCC?

Após o surto de 2006, os pesquisadores trabalharam de forma incansável para tentar identificar o que fazia as abelhas fugirem. No início de 2011, a explicação mais pertinente apontava para os genes: as fábricas na célula responsáveis pela criação das proteínas que as abelhas usam para realizar suas atividades parecem ter sido destruídas nas abelhas associadas ao DCC. Resumindo, a estrutura celular das abelhas não gerava mais a energia necessária para suas funções. Mas quais foram os fatores que causaram esse problema nessas fábricas geradoras de energia de nível celular?

A melhor resposta refere-se à combinação de três fatores diferentes, produzindo uma espécie de catástrofe que afetou a operação genética das abelhas. Essa trinca infernal consiste nas seguintes etapas.

Pesticidas: Seu lado negativo já é bem conhecido desde 1962, pelo menos, ano da publicação de *Primavera silenciosa*, um livro revelador de Rachel

Carson, que chamava a atenção para os perigos dos pesticidas químicos, tanto para os seres humanos quanto para o meio ambiente. Como todas as ferramentas cegas, os pesticidas têm duas faces. Podem matar mosquitos responsáveis por transmitir doenças fatais, mas também matam formigas e outros insetos úteis. Eles previnem doenças nos seres humanos, destruindo alimentos infectados, mas também podem ser cancerígenos e estão associados, entre outros males, ao câncer de mama. Ou seja, seu uso é sempre uma faca de dois gumes.

Nesse mesmo sentido, a modificação genética das sementes para reduzir a necessidade de inseticidas deu origem a uma corrida armamentista evolutiva entre os agricultores e os insetos, cuja última manifestação é uma população de "superinsetos" resistentes ao pesticida implantado geneticamente nas cepas mais populares de milho. Esse é mais um exemplo de sobrecarga de complexidade, em que o sistema imunológico dos insetos evoluiu a um nível de complexidade muito maior do que o baixo nível de complexidade das defesas geneticamente projetadas para o genoma das plantas.

As abelhas viajantes, também, estão expostas a níveis cada vez maiores de pesticidas a cada ano que passa. Essa exposição, somada ao mero estresse de serem caixeiros-viajantes de polinização, acaba prejudicando sua saúde, diminuindo sua capacidade de resistir a outros patógenos.

Vírus: Vários vírus são notoriamente prejudiciais às abelhas. A lista daqueles que atacam sua estrutura genética é longa, incluindo um chamado "vírus da paralisia israelense" e um fungo parasita de nome *Nosema ceranae*, ambos presentes com frequência na constituição genética das abelhas infectadas. Aqui, de novo, a complexidade surge de forma ameaçadora. À medida que a variedade de vírus ameaçadores aumenta, a complexidade do sistema imunológico das abelhas é superada pela variedade das ameaças, abrindo uma lacuna que, em algum momento, terá que ser reduzida.

Ácaros parasitas: O fator decisivo que pode ter precipitado o colapso da colônia de abelhas já enfraquecidas pelos fatores explicados acima é o varroa, ácaro introduzido acidentalmente nos Estados Unidos em 1986, quase certamente por meio da importação de abelhas infectadas. Esse ácaro é portador daqueles mesmos tipos de vírus aos quais os genes das abelhas são suscetíveis, e pode ter sido a gota d'água para causar o DCC.

Felizmente, as populações de abelhas parecem estar em ascensão de novo, mas novos problemas de polinização despontam no horizonte devido ao drástico

aumento da produção agrícola nas últimas cinco décadas. Nesse período, a população humana dobrou, e a pequena proporção da agricultura que depende da polinização de abelhas quadriplicou. Essa ampliação na safra de frutos como caju, cereja e amêndoa deveu-se, em grande parte, ao aumento das terras para plantio.

Infelizmente, transformar em terra cultivada o habitat natural de polinizadores selvagens, somado a uma maior demanda, supera em muito o aumento da população de abelhas-domésticas, o que acaba limitando significativamente a capacidade geral de polinização. Assim, o aumento da demanda de produtos agrícolas que dependem de polinizadores, juntamente com esses fatores de redução da capacidade de polinização, criou condições para que possa haver um problema de magnitude inaudita. A boa notícia é que as abelhas voltaram. A má é que os acontecimentos recentes podem ser um sinal de que teremos um verdadeiro problema em breve.

O fungo PR e o desaparecimento das abelhas ilustram nitidamente a necessidade de uma reserva de sementes de plantas do mundo todo, como a câmara apocalíptica, para preservar a diversidade da vegetação. Mas as crises relacionadas a alimentos não vêm somente dos problemas com plantas. Elas podem surgir por diversos motivos e ter diferentes tempos de duração. Diversidade reduzida por conta de doenças e infecções é uma das ameaças mais severas, com um tempo de desdobramento médio de alguns meses até um ano, aproximadamente. Poderíamos argumentar, entretanto, que esses são os exemplos mais extremados de crises no abastecimento de alimentos criadas a partir da ação do homem. Examinemos com mais detalhes, então, a crise emergente, de prazo mais curto, e vejamos que tipos de catástrofes parecem assomar no horizonte.

FAMA/FOME E [FALTA DE] DINHEIRO

POUCO APÓS AS DEZ da manhã do dia 24 de abril de 2008, Mary Ann Galviso, corretora de imóveis da comunidade rural de Orosi, na região central da Califórnia, arrebatou dois sacos de arroz de jasmim tailandês, cada um com 22 quilos, da filial de São Francisco do clube atacadista Costco. Sua compra foi uma pequena contribuição para que o estoque fosse liquidado em apenas uma hora, apesar de a loja ter fixado um limite de dois sacos por cliente. O que há de especial na história da Srta. Galviso é que ela viajou mais de trezentos quilômetros para fazer a compra, pois na filial de sua cidade esgotara-se o arroz, alimento básico para Mary Ann e sua família.

Essa história revela o desespero de consumo não só dos clientes locais, mas também dos donos de restaurante asiáticos e indianos, cujo pânico obrigou a

Costco e o Sam's Club, uma das divisões do Walmart, a impor limites no que diz respeito à quantidade de arroz que cada pessoa podia comprar. "Ouvimos falar de casos de proprietários de restaurantes armazenando estoques o bastante para três semanas no porão", contou um gerente da Costco.

O racionamento de arroz nos Estados Unidos em 2008 aconteceu junto com o aumento dos preços de mercadorias, que gerou violência em relação ao fornecimento de alimentos e aos custos. De fato, três anos depois os preços não cederam e contribuíram fortemente para a agitação social e a violência que derrubaram os regimes políticos da Tunísia e do Egito. Para se ter uma ideia da magnitude do problema, em fevereiro de 2011, a Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas (FAO) informou que o índice de preços de alimentos da cesta básica, como trigo, leite, óleo e açúcar, aumentara 2,2% em comparação a janeiro, chegando a seu nível máximo desde que a organização começara a monitorar os preços, mais de duas décadas antes. Vamos dar uma olhada rápida no conjunto de fatores que contribuem para essa escalada contínua no preço dos alimentos no mundo inteiro.

A grande subida no preço dos alimentos nos últimos cinco anos pode ser atribuída a forças que atuam simultaneamente para reduzir a oferta e aumentar bastante a demanda. Como ditam as regras mais básicas da economia, esses dois fatores constituem a combinação perfeita para desfalcar o orçamento doméstico de qualquer família. Alguns fatores do lado da oferta que levam a um declínio da produção de alimentos são:

Escassez de água: A extração excessiva de água de lençóis aquíferos em muitos países, entre eles China, Índia e Estados Unidos, inflou artificialmente a produção de alimentos nas últimas décadas. Por exemplo, a Arábia Saudita foi autossuficiente no cultivo de trigo por mais de vinte anos. Agora, as plantações estão em vias de desaparecer devido à falta de água para irrigação.

Erosão do solo e perda de terras férteis: Especialistas estimam que um terço das terras férteis do planeta está perdendo solo arável numa velocidade maior do que a de substituição por processos naturais. No noroeste da China e no oeste da Mongólia, está se formando uma região sujeita a tempestades de areia tão grande que faz com que aquelas dos Estados Unidos na época da Grande Depressão pareçam minúsculas em comparação. Algo similar está em formação na zona central da África. O resultado é uma redução na produção de grãos, e, com o tempo, os agricultores precisarão abandonar o campo e se mudar para as grandes cidades.

Condições extremas e fenômenos climáticos: O aquecimento global não é um mito, e as temperaturas ascendentes vieram para ficar. Estima-se que a

cada grau Celsius de aumento acima do ideal na época de cultivo leve a um decréscimo de 10% na produção de grãos. Fotos de campos de trigo queimados na Rússia durante o verão de 2010 são uma prova contundente do impacto das mudanças climáticas na agricultura.

Alta no preço do petróleo: Há uma segunda “crise do petróleo” acontecendo paralelamente à que vemos no posto de gasolina quando vamos encher o tanque. É o drástico aumento no preço dos óleos de cozinha, como o de palma, de soja, de milho e muitos outros feitos com vegetais. E há também o forte impacto que um aumento de preço nos derivados de petróleo exerce sobre o abastecimento de alimentos, uma vez que eles participam de todos os momentos. Como já se disse: “O solo é a forma que a natureza tem de transformar petróleo em comida”.

Esses são apenas alguns dos fatores que contribuem para aumentar o declínio do abastecimento global de alimentos. Infelizmente, existe, além deles, uma lista complementar muito “deprimente” também no lado da demanda.

Crescimento populacional: A população mundial cresce a uma razão de mais de duzentas mil pessoas por dia. Não é preciso ser um gênio para prever que a maioria procura sua refeição nas regiões mais pobres e subnutridas do mundo. Assim, embora o número de bocas a alimentar continue crescendo, não há comida suficiente para todos.

Afluência crescente: Mais de três bilhões de pessoas estão mudando seus hábitos alimentares e deixando uma dieta de subsistência para consumir mais carne, ovo, leite e produtos ricos em grãos. Eis a explicação. São necessários sete quilos de grãos para produzir apenas meio quilo de carne. A produção de uma caloria de proteína animal requer onze vezes mais combustível fóssil do que a produção de uma caloria de proteína vegetal. Em outras palavras, em vez de comer os grãos diretamente, metade da população mundial está comendo grãos “transformados”, sob a forma de produtos mais ricos em proteínas e fibras, como a carne e o frango.

Amartya Sen, economista vencedor do Prêmio Nobel, ilustra a perversidade desse fenômeno imaginando um país com muitos pobres que experimenta de repente um momento de expansão econômica. Em seguida, ele presume que apenas metade da população desfruta dessa nova riqueza. A metade rica gasta seu dinheiro em alimentos mais caros, de maior qualidade, o que força uma subida nos preços. Diante desse acréscimo, a metade pobre, que não se beneficiou com um aumento proporcional da renda, passa fome. E o pior é que não estamos falando de um mundo imaginário. Sen conta que esse processo aconteceu em Bengala, em 1943.

Grãos para combustível: Uma parte significativa da produção de grãos, principalmente o milho, deixou de ir para a mesa para se transformar em etanol para os carros. Nos Estados Unidos, o uso do milho para combustível corresponde a quase um terço de todo o cultivo. O principal motivo para essa mudança são políticas equivocadas de subsídio governamental, instituídas em 2006, para agricultores.

Além desses componentes de aumento de preço dos alimentos, devemos considerar ainda a infusão maciça de dólares americanos no sistema financeiro mundial para combater a crise atual. Como os preços das commodities são quase sempre fixados em dólares, uma inundação dessa moeda no sistema financeiro mundial contribui para um imenso acréscimo no preço de produtos primários em todo o planeta, desde o óleo e o trigo até o bucho de porco congelado. À medida que o dólar se valoriza, os detentores de outras moedas precisam pagar mais pelas mercadorias e, portanto, mais pelos alimentos da cesta básica. Em suma, o "abrandamento" quantitativo imposto pelo Banco Central americano, o Federal Reserve, acabou se tornando uma "adversidade" quantitativa para a mesa de boa parte da população mundial. Qual a solução? Existe solução?

A "solução" óbvia para uma crise de alimentos como essa seria atacar os desequilíbrios entre oferta e demanda na fonte. Tal processo envolveria os seguintes tipos de medida:

Administração eficiente de água e terras férteis: A extração excessiva de água de lençóis aquíferos e o esgotamento das terras férteis têm de acabar. A expansão urbana e a pavimentação de terras de cultivo para a construção de estradas e estacionamentos, especialmente na China e na Índia, têm que ser contidas. Além disso, a água disponível precisa ser utilizada de maneira muito mais eficiente, o que dependerá de tecnologias inovadoras, inexistentes hoje em dia: por exemplo, reciclagem de água ou desenvolvimento de culturas que requeiram menos água.

População mundial: Precisamos estimular urgentemente a formação de famílias menores. Entre outras coisas, será necessário fornecer ajuda e informações de planejamento familiar às populações mais pobres, responsáveis pelas maiores taxas de natalidade do mundo.

Clima: As emissões de carbono precisam ser reduzidas em 80% na próxima década para evitar catástrofes climáticas, sobretudo enchentes, furacões, secas e eventos similares, decorrentes, em princípio, do aquecimento global. Esses eventos destruiriam grande parte das terras agrícolas existentes.

Mudança da política governamental: Políticas governamentais equivocadas

de subsídio à produção de etanol a partir de grãos devem ser abandonadas o mais rápido possível. Os grãos são muito mais valiosos para encher estômagos vazios do que em tanques de gasolina. Um maior controle governamental sobre os produtores multinacionais também seria uma dádiva para estabilizar a produção de alimentos, incentivando menos eficiência e mais resiliência no processo de produção. Uma ideia, por exemplo, seria obrigar o uso de uma maior variedade de sementes no cultivo de grãos.

SINTETIZANDO

O MUNDO ESTÁ ENFRENTANDO, neste momento, uma confluência de escassez crescente em três elementos fundamentais para a continuação da vida humana neste planeta: água, energia e alimentos. A combinação resultante é maior do que a soma das partes, podendo acabar em desastre até 2030. Até lá, a demanda de água crescerá em 30%, enquanto a de energia e alimentos disparará em 50%. Tudo isso será motivado por um aumento da população global, que chegará a oito bilhões de indivíduos, exercendo enorme pressão sobre nosso sistema altamente industrializado de produção de alimentos.

É importante frisar que a escassez de comida, uma das três pernas desse tripé, resulta menos da oferta do que da demanda. Felizmente, embora o crescimento populacional global contribua de maneira significativa para estimular essa demanda, as taxas parecem estar desacelerando, e, se o padrão atual de autonomia feminina continuar, espera-se que essas taxas desacelerem ainda mais. Evidentemente, sempre pode haver surpresas, e por isso não há garantias de que essas tendências continuarão. Aliás, é muito provável que elas não continuem se o mundo não encarar de frente o problema mais desafiador: a distância cada vez maior entre os países ricos e os pobres na economia global.

O DIA EM QUE OS ELETRÔNICOS PARARAM

UM PULSO ELETROMAGNÉTICO CONTINENTAL DESTRÓI TODOS OS APARELHOS ELETRÔNICOS

EM QUESTÃO DE MILISSEGUNDOS

O CINEASTA ALEMÃO WIM WENDERS é conhecido por "road movies" nos quais personagens perambulam por regiões desertas debatendo-se com vários tipos de questões existenciais. *Até o fim do mundo*, filme de 1991, se passa na virada do milênio e conta a história de um satélite nuclear fora de controle que está prestes a voltar à atmosfera em um lugar incerto e contaminar uma grande região do planeta. Pessoas de diferentes áreas de risco entram em pânico e começam a fugir em bandos, apavoradas. Em meio a muita correria pelo deserto, a heroína do filme, uma mulher chamada Claire, depara-se com cientistas malucos, indivíduos misteriosos de entidades governamentais secretas, viajantes, caçadores de recompensas e outras figuras suspeitas, todos tentando recuperar o protótipo de um aparelho que registra e interpreta impulsos cerebrais. No decorrer dessa busca frenética, o satélite nuclear é destruído, causando um grande surto de energia, um pulso eletromagnético (PEM), que destrói todos os equipamentos eletrônicos do mundo. Em consequência, os personagens são transportados do final do século XX para um estilo de vida pré-histórico, uma vez que todos os dispositivos que dependem de microcircuitos, como computadores, carros, aparelhos de rádio e afins, são destruídos em questão de milissegundos.

Isso poderia realmente acontecer? Será que todos os aparelhos eletrônicos que fazem parte da vida cotidiana poderiam queimar de uma hora para outra? Ou será que um PEM, como o descrito no filme de Wenders, é apenas outro exagero de Hollywood, algo possível em teoria, mas que na prática é extremamente improvável? Um pouco de história ajudará a esclarecer a questão.

No dia 16 de julho de 1997, o deputado Curt Weldon, presidente da

Subcomissão de Pesquisa e Desenvolvimento Militar dos Estados Unidos, convocou uma reunião para discutir "A ameaça do pulso eletromagnético (PEM) para os sistemas militares americanos e para a infraestrutura civil". Entre os especialistas convidados para participar dos debates estavam o Dr. Lowell Wood, do Livermore National Laboratory, da Califórnia; Gilbert Clinger, subsecretário em exercício de defesa do espaço; e o Dr. Gary Smith, diretor do Laboratório de Física Aplicada da Universidade Johns Hopkins, além de membros da comunidade americana de inteligência. A conclusão do encontro pode ser resumida pelas palavras do Dr. Wood quase no final da sessão:

> *É uma projeção razoável a de que quase todos os computadores modernos expostos ao PEM, senão todos (...) serão afetados. Ao serem afetados, no mínimo deixarão de funcionar. Em muitos casos, queimarão. (...) Não apenas os computadores das aeronaves, mas computadores em toda parte, exceto os que estiverem protegidos por um invólucro metálico especial como o que o Dr. Ullrich descreveu na palestra de abertura. Os computadores em qualquer outro tipo de invólucro serão afetados ou completamente destruídos.*

Mais tarde, o Congresso pediu para um comitê de alto nível realizar uma investigação mais profunda sobre o fenômeno do PEM, trabalho que foi publicado em 2004 com o título *Relatório da comissão para avaliar a ameaça de um ataque de PEM aos Estados Unidos*.

Diante desses estudos detalhados, podemos concluir que, além de ser uma ameaça real ao estilo de vida high-tech de hoje, o PEM se tornará ainda mais perigoso à medida que dependermos cada vez mais de delicados aparelhos eletrônicos em nosso dia a dia.

AFINAL, O QUE É O PEM?

EXPLICANDO DE UMA FORMA bem concisa, o PEM é uma onda eletromagnética de choque produzida por uma explosão de alta energia na atmosfera. Essa onda cria uma sobrecarga momentânea de corrente elétrica nos circuitos de aparelhos como telefones celulares, computadores, televisores e automóveis que estejam desprotegidos. Esse pulso de corrente queima os aparelhos eletrônicos da mesma forma como uma sobrecarga da corrente residencial queima um fusível em vez do forno ou do aparelho de som. A diferença é que o PEM ataca todos os aparelhos eletrônicos por meio de uma onda que se propaga na atmosfera, ao contrário do pico de tensão da rede elétrica, que chega às residências através da fiação. É fácil proteger as instalações residenciais contra sobrecargas da rede elétrica: basta ter um quadro

de fusíveis ou disjuntores. Entretanto, não é possível proteger com fusíveis ou disjuntores um circuito que está sendo atacado pelo ar; é preciso blindar todo o aparelho a ser protegido, como observou o Dr. Wood.

Certamente, o PEM mais bem documentado da história resultou de uma explosão nuclear atmosférica sobre o atol de Johnston, no Pacífico Sul, em 1962, como parte da operação Starfish Prime. Essa explosão de 1,4 megaton aconteceu a uma altitude de quatrocentos quilômetros, em uma área remota, mas o pulso de energia eletromagnética resultante foi sentido em Honolulu, a mais de 1.100 quilômetros do epicentro. Mesmo tendo sido atenuado no percurso até o Havaí, o pulso de energia teve força suficiente para queimar lâmpadas de iluminação pública, disparar alarmes contra ladrões e danificar uma estação retransmissora de sinais de rádio.

Devemos levar em consideração que a operação Starfish Prime foi concebida em 1962, há quase cinquenta anos, quando grande parte dos equipamentos ainda utilizava válvulas. No mundo de hoje, de aparelhos microeletrônicos supersensíveis, todos os computadores e telefones celulares, todos os carros, barcos, aviões e trens, todas as infraestruturas de suprimento de energia, alimentos, água e comunicação e todos os sistemas eletrônicos de controle e segurança são vulneráveis. Neste cenário, portanto, uma "bomba de PEM" é um prato cheio para um terrorista. Mas será que é fácil criar um pulso desses e alcançar uma grande região geográfica?

Para responder a essa pergunta, primeiro precisamos entender como o pulso é gerado. Um PEM começa com uma curta e forte explosão de raios gama, como a produzida por uma bomba nuclear. Na verdade, não é necessária uma explosão nuclear para gerar um PEM, mas, como a intensidade do PEM é proporcional à força da explosão, o pulso resultante de uma explosão nuclear é muito maior do que o de qualquer outro tipo de explosivo. Voltarei a essa questão mais adiante.

Os raios gama produzidos na explosão interagem com as moléculas de ar da atmosfera e geram elétrons de alta energia, num processo conhecido como efeito Compton. Esses elétrons ionizam a atmosfera, produzindo um campo elétrico muito intenso. A força desse campo depende da intensidade da explosão e da altitude em que ocorreu. Os maiores pulsos eletromagnéticos são produzidos por explosões em altitudes acima de trinta quilômetros, mas explosões ao nível do solo ou em baixas altitudes também podem gerar pulsos intensos. O efeito mais fraco ocorre quando a explosão se dá em uma altitude intermediária.

Voltando brevemente a uma questão já levantada, não é necessária uma explosão nuclear para criar um PEM. Ele pode ser gerado com explosivos convencionais e conceitos de física do século XIX, por meio de um aparelho chamado *gerador de compressão de fluxo* (FCG, do inglês *flux compression generator*) ou um *dispositivo magneto-hidrodinâmico* (MHD, do inglês *magneto-*

hydrodynamic device). O FCG é apenas um jargão para descrever um dispositivo que utiliza um explosivo de acionamento rápido para comprimir um campo magnético, transferindo a maior parte da energia do explosivo para o campo.

O FCG consiste num tubo cheio de explosivos de ação rápida. O tubo é colocado no interior de uma bobina de cobre ligeiramente maior. Um pouco antes da detonação, a bobina é energizada por um banco de capacitores, a fim de criar um campo magnético. A explosão começa na parte traseira do tubo. Em decorrência da onda eletromagnética que se expande pela força da explosão, o tubo encosta na bobina, produzindo um curto-circuito. O curto-circuito avança à medida que um trecho maior do tubo se dilata, comprimindo o campo magnético. De acordo com o australiano Carlo Kopp, especialista em defesa: “O resultado é que o FCG produz um pulso de corrente em forma de rampa, que é emitido na forma de uma onda eletromagnética antes que a explosão destrua o tubo e a bobina.” Esse pulso tem a força de um milhão de relâmpagos e é o que destrói todos os aparelhos eletrônicos que estiverem no caminho da onda de choque produzida pelo FCG.

O MHD funciona com base no princípio, um pouco diferente, de um condutor que se move na presença de um campo magnético, o qual produz uma corrente elétrica perpendicular à direção do campo e à direção do movimento do condutor. O que é assustador é que tanto o FCG quanto o MHD podem ser montados com relativa facilidade e serviriam como um gerador de PEM bastante compacto, barato e eficaz.

A despeito de como o PEM é gerado, os efeitos são os mesmos das obras de ficção que mencionei anteriormente. Um momento depois de a bomba — nuclear, FCG ou MHD — ser detonada, cria-se uma onda invisível de radiofrequência. Esse “pulso” é mais de um milhão de vezes mais intenso que o maior sinal de rádio produzido por antenas de radar, rádio ou televisão. A força da onda é tão grande que ela chega a todos os lugares que estejam na linha de visada da explosão. Esse é um dos principais motivos pelos quais uma explosão a grande altitude pode causar tantos danos. Assim, por exemplo, uma explosão a quinhentos quilômetros de altura acima do estado de Kansas afetaria todos os Estados Unidos e partes do Canadá e do México!

Ao atingir a superfície da Terra, o pulso gera ondas de choque eletromagnéticas de alta velocidade que põem em risco todos os elementos de nossa infraestrutura tecnológica moderna, como:

- Computadores e outros aparelhos com microcircuitos.
- Todos os condutores e linhas de transmissão de energia elétrica.
- Todos os aparelhos que dependem de eletricidade e da eletrônica, desde sistemas de segurança de bancos até equipamentos hospitalares e elevadores de prédios comerciais.

• Todos os carros, trens, aviões e barcos.

Desse modo, além de todos os aparelhos eletrônicos pararem de funcionar, a energia elétrica também deixa de ser fornecida, talvez de forma permanente, pois as linhas de transmissão conduzem o pulso até os transformadores, que são destruídos por tensões maiores que as de um relâmpago típico.

Como seria a infelicidade de estar em uma área atingida por um ataque de PEM? A primeira coisa que perceberíamos seria que as luzes, os motores, os elevadores e todos os outros dispositivos alimentados por eletricidade deixariam de funcionar. Não fosse pela parada imediata de carros, trens e aviões, a situação não seria muito diferente do tipo de apagão que muitas regiões do mundo já vivenciaram inúmeras vezes. Os sistemas de transporte não funcionariam, faltaria água (uma vez que são necessárias bombas elétricas para levá-la até as torneiras) e as luzes fluorescentes e aparelhos de televisão apresentariam um estranho brilho mesmo quando desligados, devido à passagem de elétrons por seus gases nobres ou fósforos. Os smartphones esquentariam, por causa das baterias, que atingiriam tensões muito maiores que aquelas para as quais foram projetadas. E, evidentemente, os computadores derreteriam.

No início, daria a impressão de ser apenas mais um apagão — até você tentar acessar os canais de comunicação de emergência para saber o que está acontecendo. Esses canais estariam tão inoperantes quanto o resto dos sistemas de comunicação que fazem parte de nosso cotidiano. Mesmo que não estivessem, seu rádio ou telefone celular movido a bateria teriam parado de funcionar. A única forma de comunicação possível seria a comunicação verbal direta com pessoas próximas. A grande maioria das pessoas provavelmente acenderia velas e esperaria que as coisas voltassem ao "normal" em algumas horas, ou no máximo em um ou dois dias. Mas isso não aconteceria! No caso de um ataque de PEM, o tempo de recuperação é de muitos meses, ou mesmo anos. Ao final da primeira semana, o pânico se instalaria. As ruas seriam tomadas por saqueadores, policiais e militares abandonariam seus postos para proteger suas famílias, não haveria ninguém para combater os incêndios e, de um modo geral, a sociedade logo voltaria a um estilo de vida semelhante àquele imaginado após um conflito nuclear, muito parecido com a situação descrita no best-seller de Cormac McCarthy *A estrada*, que depois foi transformado em filme.

Ao contrário de um ataque nuclear, porém, o PEM em si é totalmente inofensivo aos seres humanos. A menos que você precise de um equipamento médico, como uma máquina de hemodiálise ou um marca-passo, sobreviverá ao ataque — pelo menos por algum tempo. Tudo isso soa como o tipo de arma que deixaria um cientista louco ou um terrorista igualmente insano com água na boca. E talvez seja. Vamos examinar a questão mais de perto para conhecer melhor os efeitos de uma bomba de PEM como arma de destruição.

PEM: UM PESADELO OU APENAS UM SONHO RUIM?

UMA BOMBA DE PEM seria uma espécie de arma nuclear dos pobres? É tentador pensar que sim. Afinal, uma arma indetectável, que não mata ninguém diretamente mas que tem o poder de devastar toda uma sociedade em questão de milissegundos e pode ser construída com tecnologia que remonta à década de 1940, pode representar um grande nivelador para um estado fora da lei ou um grupo terrorista que aposta na derrubada do poderio nuclear de um país como os Estados Unidos. De fato, notícias não oficiais sugerem que essas características da “bomba P” não passaram despercebidas da comunidade terrorista global.

Para ilustrar o que estou dizendo, eis um possível cenário terrorista, baseado em fatos reais, que resultaria em um ataque com a bomba P:

- A al-Qaeda instala em um dos seus navios cargueiros um equipamento de lançamento de mísseis balísticos de curto alcance.
- Um ou dois mísseis SCUD anônimos são comprados de fornecedores como a Coreia do Norte. Por quanto? Menos de cem mil dólares.
- Uma arma nuclear de dimensões modestas é obtida em um país marginal, como a Coreia do Norte ou o Irã, ou no bem abastecido mercado negro de armas que “desapareceram” do estoque nuclear da antiga União Soviética. Outra possibilidade seria usar explosivos convencionais, não nucleares, para criar a bomba P.

Uma vez que países como o Irã já demonstraram a capacidade de lançar mísseis SCUD de um navio no mar, bastam esses passos para entrar no negócio da bomba P. Esse contexto seria especialmente atraente para um grupo terrorista, pois dificulta a identificação do responsável pelo ataque, devido à grande quantidade de mísseis semelhantes em todo o mundo nos dias de hoje.

Se essa hipótese lhe parece a fantasia de um escritor um tanto paranoico, peço que reconsidere. Essa foi exatamente a situação descrita no relatório publicado por uma comissão do Congresso americano, em 2004, que mencionei no início deste capítulo. A comissão afirmou que os terroristas poderiam paralisar por completo os Estados Unidos com um único golpe, seguindo com precisão os passos descritos aqui. Bastaria lançar uma arma nuclear de um navio cargueiro.

Evidentemente, não é fácil conseguir uma arma nuclear, embora muitas estejam desaparecidas e seja provável que tenham ido parar em mãos pouco confiáveis. Como vimos, no entanto, não é necessário dispor de uma arma nuclear para criar um PEM. Um dispositivo FCG ou MHD muito mais simples daria conta do recado. Mas qual é a probabilidade de um ataque de PEM, nuclear

ou não, vir a acontecer?

• • •

COMO FOI NOTÍCIA NO *New York Times* em 1983, naquela época os planejadores estratégicos dos Estados Unidos e da União Soviética consideraram a possibilidade de um ataque de PEM como a salva de abertura de uma guerra nuclear generalizada, mas isso nunca aconteceu, porque o princípio da defesa nuclear daquele período era a chamada "destruição mútua assegurada" (MAD, *mutually assured destruction*), que servia como um impedimento muito eficaz para um ataque de PEM. Essa doutrina da Guerra Fria, porém, foi quase totalmente eliminada do pensamento estratégico atual com a reconfiguração do cenário geopolítico.

Hoje a ascensão de protagonistas não estatais como a al-Qaeda, somada à grande disponibilidade de armas de destruição em massa e à instabilidade do equilíbrio de forças entre as grandes nações, faz com que a possibilidade de um ataque de PEM seja muito mais difícil de avaliar. O que parece ser evidente, contudo, é que essas mudanças no contexto do poder mundial tornam a ameaça algo bem mais tangível.

O mundo agora possui mais Estados com tecnologia nuclear, alguns controlados por regimes políticos instáveis, com alianças suspeitas, mas sem condições de iniciar uma guerra nuclear em larga escala. Por isso, o uso de uma bomba de PEM pode parecer uma opção atraente, sobretudo se for executado por algum dos representantes não oficiais desse tipo de regime. Como o ataque não causará perdas humanas nem será seguido por um bombardeio nuclear, o país atingido dificilmente terá condições de retaliar em larga escala. Na verdade, talvez nem consiga saber quem é o agressor.

É muito difícil preparar uma resposta "adequada" para um ataque de PEM. Como reagir a uma explosão que ocorre a centenas de quilômetros de altura, sem ser vista ou ouvida, mas que destrói, em questões de segundos, toda a infraestrutura nacional? Simplesmente não existem precedentes legais que orientem a formulação de uma resposta apropriada.

No cômputo geral, o emprego de uma bomba P teria uma relação custo-benefício muito atraente para o perpetrador. Com uma ou duas ogivas seria possível devastar um país inteiro como os Estados Unidos, e haveria chances mínimas de retaliação. Um ataque de PEM também é uma opção atraente como primeiro passo de uma guerra convencional, pois um estado com um pequeno número de ogivas, como a Coreia do Norte ou o Irã, pode querer primeiro diminuir a vantagem tecnológica de outras nações antes de iniciar a guerra propriamente dita.

Su Tzu-yun, um dos principais analistas militares da China, falou a esse respeito de maneira bastante sucinta em 2001: "Quando as redes de computadores de um país são atacadas e destruídas, a nação entra num estado de paralisia e a vida das pessoas para." Ainda mais agourentas são as palavras do analista de defesa iraniano Nashriyeh-e Siasi Nezami em 1999:

(...) Hoje em dia, ao desativar o alto-comando militar de um país por meio da interrupção de seu sistema de comunicação, na verdade estaremos causando problemas para todos os negócios desse país. (...) Se os países industrializados não encontrarem formas de se defender de ataques eletrônicos, eles se desintegrarão em poucos anos. (...) Os soldados americanos não conseguirão achar comida, nem terão como dar um tiro sequer.

O que está escrito aqui pode parecer estranho para a maioria das pessoas, pois logo surge a pergunta: "Se um ataque de PEM é uma ameaça tão real, por que nunca ouvi falar no assunto?" No final do ano 2000, o Congresso americano tentou alertar uma relutante Casa Branca sobre o perigo, ao formar uma Comissão de Ameaça de PEM para estudar a verdadeira importância do PEM como ameaça à segurança nacional. Tal medida foi uma reação a um informe da Comissão de Infraestruturas Críticas ao Congresso em 1997 que considerava um ataque PEM como um acontecimento tão improvável que não merecia atenção.

Bem, os tempos mudam, e sete anos mais tarde, em 2004, a Comissão de Ameaça de PEM divulgou um relatório afirmando que um ataque devastador desse tipo não era nem improvável nem difícil de executar. Um membro da comissão era o Dr. Lowell Wood, já mencionado neste texto, que ratificou o informe declarando que um ataque de PEM poderia mandar os Estados Unidos de volta a uma era pré-industrial em termos da capacidade da sociedade de prover infraestrutura básica à população, como água e comida, sem falar de telefones celulares, máquinas de lavar, futebol americano profissional e televisão.

Antes de encerrar a discussão dos efeitos das bombas de PEM, vale a pena observar que alguns cientistas de renome afirmaram que os efeitos de um ataque desse tipo têm sido superestimados. O fenômeno do PEM nunca foi testado a sério porque o Tratado de Interdição Completa de Ensaios Nucleares, que começou a vigorar logo após a operação Starfish Prime, proíbe testes nucleares tanto na atmosfera quanto no espaço sideral. Como consequência, os efeitos aqui descritos poderiam acabar sendo mínimos.

O pulso talvez se dissipasse rapidamente por conta da distância ou de outros fatores desconhecidos, como a proteção natural de uma cadeia de montanhas, que reduziriam os efeitos a um pequeno abalo, em vez de uma catástrofe de

proporções continentais. Esses são os mesmos tipos de incógnitas que cercavam as armas atômicas na época do Projeto Manhattan. Havia teoria, mas faltava prática. Depois das explosões que destruíram Hiroshima e Nagasaki, o mistério acabou. Esperamos que o mesmo não aconteça em relação ao PEM.

Tomando como base o velho ditado "é melhor prevenir do que remediar" e considerando a bomba P uma arma de guerra viável, com efeitos reais, como podemos nos proteger de sua devastação?

POR TRÁS DOS MUROS

UM PEM TEM UMA componente elétrica e uma componente magnética, mas é a componente elétrica que causa os estragos. Mesmo que o pulso dure apenas um centésimo de segundo, a intensidade do campo elétrico é tão grande que todos os equipamentos elétricos expostos ao pulso provavelmente serão destruídos. E o estrago não se limita a eles. O efeito do PEM também atinge a ionosfera, o que prejudica a propagação de ondas de rádio em muitas faixas de comunicações com a duração de até um dia. Felizmente, as faixas de rádio amador não seriam afetadas e poderiam transmitir mensagens de emergência sem problemas.

Os danos contra os quais devemos nos proteger podem ser divididos em duas categorias:

Danos diretos: Destruição de componentes eletrônicos expostos diretamente ao PEM. Nesse caso, a proteção deve ser algo que impeça o campo elétrico de alcançar os componentes vulneráveis.

Danos indiretos: Picos de tensão em uma linha de transmissão de eletricidade, causados pelo PEM por causa de uma sobrecarga de corrente quando o pulso passa pela rede. Nesse caso, os fios usados para transmitir energia elétrica e sinais telefônicos podem fundir.

Para a proteção contra danos do primeiro tipo, os equipamentos podem ser isolados em uma caixa de metal conhecida como "gaiola de Faraday". Um ponto vulnerável dessa estratégia é que o equipamento deve ser *totalmente* isolado do pulso, mas, como a maior parte dos aparelhos possui fios para serem ligados a uma tomada ou a um modem, não basta apenas isolá-los; é necessário instalar protetores contra sobrecargas, centelhadores ou outras formas de filtragem nos fios que ligam o aparelho ao mundo exterior, para impedir que a sobrecarga penetre na caixa de proteção.

Para proteção contra danos do segundo tipo nas linhas de transmissão, os equipamentos precisam ser isolados e aterrados, de modo que o pulso elétrico

seja conduzido para a terra e não para os aparelhos.

Infelizmente, esse processo de proteger sistemas é caro e complexo. Além de isolar os equipamentos em gaiolas de Faraday, as janelas precisam ser cobertas com telas metálicas e as portas devem ser vedadas. A boa notícia é que os cabos de fibra óptica não estão sujeitos aos efeitos de um PEM. Assim, a substituição dos fios de cobre por cabos de fibra óptica com toda certeza contribuirá para a redução da vulnerabilidade.

Evidentemente, também existem formas indiretas de proteção contra um PEM, como instalar unidades de reserva em gaiolas blindadas e manter os equipamentos fora do alcance de pulsos.

SINTETIZANDO

UMA VEZ QUE TODAS as evidências apontam para o PEM como um fenômeno físico verossímil, podemos supor, para começar, que o perigo de um ataque é real, conforme foi dito nas páginas precedentes. O que dizer a respeito da probabilidade de um PEM vir a acontecer no futuro próximo?

Antes de tudo, devemos abandonar a ideia de que um PEM possa acontecer naturalmente. Até onde se sabe, a única forma de criar um pulso eletromagnético de alta intensidade é pela "engenhosidade" humana. O pulso deve ser planejado. Ao contrário de muitos eventos extremos discutidos neste livro, a natureza não tem nenhuma possibilidade de nos brindar com um PEM ou dois só para animar o ambiente.

Dada a facilidade de se criar pelo menos um dispositivo de PEM de baixo nível e o fato de que o caos que ele pode gerar é bem conhecido, devemos nos sentir afortunados por não termos presenciado um ataque até o momento. Afinal, existem muitos grupos de pessoas insatisfeitas espalhados pelo mundo, vários com acesso ao tipo de técnica e equipamentos necessários para construir no mínimo um FCG ou MHD, para não falar de uma bomba nuclear. Talvez o motivo seja semelhante aos argumentos contra o uso de armas biológicas: o efeito é generalizado. A arma destrói ou contamina a própria região que o perpetrador do ataque quer controlar. Uma bomba de PEM de grande escala pode comprometer a infraestrutura de uma sociedade inteira, sem dúvida. Mas a destruição da infraestrutura faz com que os recursos dessa sociedade se tornem indisponíveis também para o agressor.

Evidentemente, nem todos os agressores são iguais. Há muitos indícios da irracionalidade das atividades terroristas para que possamos afirmar que muitos agressores em potencial não têm interesse em dominar uma sociedade; querem apenas destruí-la. Para esse tipo de gente, uma bomba de PEM seria uma excelente opção, com certeza muito melhor do que explodir alguns prédios ou

boates. Por ser fácil de botar em prática, gerar consequências devastadoras, garantir o anonimato do agressor e ter um custo relativamente baixo, não é difícil imaginar um ataque de PEM no clima geopolítico altamente carregado e turbulento dos dias de hoje.

UMA NOVA DESORDEM MUNDIAL

O COLAPSO DA GLOBALIZAÇÃO

TORNANDO-SE GLOBAL

UM DOS LIVROS MAIS vendidos de 2005 foi *O Mundo é Plano*, relato do colunista político Thomas Friedman sobre o desaparecimento das fronteiras nacionais para a circulação de quase tudo — dinheiro, pessoas, mão de obra, bens, ideias etc. No premiado volume, Friedman faz uma defesa fervorosa do fenômeno da globalização. Ironicamente, mais ou menos na mesma época em que o livro foi lançado, sua ideia central já parecia saída de uma publicação da conservadora Flat Earth Society (Sociedade da Terra Plana), em vez de ser um registro visionário de como viveremos em 2020. Na defesa (parcial) de Friedman, porém, devemos dizer que em 2005 até os futuristas de carteirinha compraram a ideia de uma "terra plana". Como uma pequena ilustração do pensamento predominante na época, deparei-me com um silêncio desconcertante acompanhado de um balançar de cabeças indicando perplexidade e tristeza diante da minha audácia de dar uma palestra intitulada "O declínio e a queda da globalização", em 2006, na Suíça. Uma reação bastante estranha, pensei com meus botões, num seminário de *futuristas!* Mas chega de análises do que passou. Avancemos alguns anos e vejamos como o futuro da globalização é visto hoje.

As manchetes dos jornais especializados continuam a pintar um quadro cada vez mais nítido de que o sistema financeiro global, do modo como é constituído atualmente, é incapaz de lidar com os fluxos de capital entre fronteiras exigidos pelos moldes Friedman de globalização. A princípio, ele parecia se concentrar, sobretudo, no fluxo de empregos de regiões como os Estados Unidos, cuja mão de obra é cara, para a China, o Vietnã e outros lugares. Contudo, movimento de empregos envolve necessariamente movimento do capital gerado por esses empregos — dos importadores de volta aos exportadores. Esses são os dois pilares do comércio internacional e do sistema financeiro que o fluxo de capital deve equilibrar. Infelizmente, o sistema está danificado de maneira irremediável.

Indo mais fundo na forma como as pessoas, o dinheiro e todo o resto circulam pelo mundo, vemos o espectro da complexidade pairando como uma mortalha sobre cada passo do processo. O sistema de globalização deu às empresas uma ampla gama de possibilidades (graus de liberdade) para desenvolver novos produtos, fabricar os produtos existentes, comercializar suas mercadorias etc., permitindo que decidam onde e quando praticar essas funções. Assim, num mundo sem fronteiras nacionais ou restrições, as multinacionais possuem um nível de complexidade enorme. Por outro lado, o sistema composto pela população global como um todo, representado pelos governos nacionais, abriu mão da liberdade que tinha para regular o que poderia e o que não poderia atravessar suas fronteiras sem custo. Em suma, as nações reduziram voluntariamente a um nível mínimo sua complexidade no plano comercial. Como sempre, quando esse desnível aumenta, aumenta também a tensão social pela taxa de desemprego crescente nos países ocidentais, decorrente da transferência de quase todos os empregos de alta capacitação para a Ásia. Estamos testemunhando o resultado final desse descompasso de complexidade hoje mesmo: os Estados Unidos tentam desesperadamente solucionar os problemas da falta de emprego desde a crise financeira de 2007, enquanto a Europa enfrenta uma crise financeira muito mais grave, sem falar nos distúrbios sociais resultantes dos altos níveis de desemprego, principalmente nos países do sul da União Europeia, como Grécia, Itália, Espanha e Portugal.

Como a tensão atual entre os Estados Unidos e a China mostra com clareza, os exportadores, como a China, precisam aceitar a valorização de sua moeda. Por outro lado, os importadores, como os Estados Unidos, têm de aceitar uma desvalorização. Evidentemente, os países exportadores resistem com tenacidade, uma vez que o processo de revalorização devolveria o equilíbrio ao fluxo de bens e dinheiro — justamente o que eles não querem. Num primeiro momento, esses fatos óbvios são tratados pelos meios diplomáticos. Porém, se os diplomatas não resolverem a questão dentro de um prazo aceitável, os mercados financeiros entrarão em cena e cuidarão do problema. O resultado não será nada agradável. Aliás, este é outro bom exemplo de um descompasso de complexidade a ser solucionado por um evento extremo, a saber, uma desvalorização generalizada do dólar americano, uma legislação protecionista e uma série de outras medidas que só acelerarão o processo de uma profunda depressão deflacionária da economia mundial.

Numa curiosa justaposição de visões de mundo e oportunidade, no ano de 2005 foi publicado também *The Collapse of Globalism* [O colapso do globalismo], uma obra polêmica do erudito canadense John Ralston Saul. Embora tenha recebido bem menos atenção do que a apologia de Friedman aos globalistas, o livro é um guia muito mais preciso em relação ao que estamos vendo hoje e que continuaremos a ver nas próximas décadas. Em essência, a obra de Saul propõe

a pergunta identificada por Michael Maiello, autor de uma de suas resenhas: “As decisões políticas devem ser tomadas em deferência à economia e aos mercados, ou podemos usar nossas instituições políticas para nos proteger dos efeitos mais pesados que os mercados podem apresentar?” Seguidores do ponto de vista de Friedman afirmam que o poder dos governos será ofuscado pelo dos mercados. Saul diz o contrário. De acordo com a cartilha de globalistas como Alan Greenspan, ex-presidente do Banco Central americano, os mercados são autorreguladores. Mas acontecimentos como a crise de 2007 mostram definitivamente que não é bem assim. Após mais de três décadas de globalização, a promessa de distribuição de riqueza e redução da pobreza não foi cumprida. Conforme observado por Pranab Bardhan num artigo publicado na revista *Scientific American* em 2006: “Como a era moderna de globalização coincidiu com uma redução contínua na proporção de pessoas que vivem em estado de extrema pobreza, seria possível concluir que ela, de um modo geral, não está fazendo com que as pessoas fiquem mais pobres. No entanto, não se pode atribuir à globalização o crédito pela diminuição da pobreza, que em muitos casos precedeu a liberalização do comércio.” Por que deveríamos imaginar que esses supostos benefícios virão algum dia da satisfação de necessidades e questões locais? No final das contas, a mensagem mais importante do inteligente argumento de Saul é que a economia global é uma criação do homem, como parte da sociedade humana. Não deveria ela, então, servir a nossos interesses, em vez de nos obrigar a servir aos seus?

O recuo para a regionalização tem muitas faces, dependendo de onde se encontre no mundo. Vejamos, portanto, alguns exemplos concretos para retificar o princípio básico de que uma overdose de complexidade pode ser ruim para nosso bem-estar econômico e espiritual.

BORBOLETA OU LAGARTA?

A RENÚNCIA DE MIKHAIL GORBACHEV à presidência da URSS no Natal de 1991 foi um momento de esperança para os liberais russos, que viram na dissolução da União Soviética uma oportunidade para que o povo russo passasse a participar da vida política, social e econômica do mundo industrializado ocidental. Uma população que havia vivido, amado e trabalhado em um nível absurdamente baixo de complexidade, com pouquíssima liberdade para viajar ao exterior, escolher líderes ou até mesmo comprar bens de consumo que não fossem os de necessidade básica, agora tinha o poder de fazer tudo isso e mais. Infelizmente, o destino decretou que Gorbachev transferiria o poder ao primeiro-ministro Boris Yeltsin, um beberrão incurável que afundou a Federação Russa reconstituída no caos político e econômico durante a maior parte dos oito anos de

seu mandato. Na época em que o próprio Yeltsin passou o bastão para o ex-agente da KGB Vladimir Putin, no final de 1999, o incipiente movimento por uma sociedade mais livre e mais complexa já evoluíra para um vale-tudo. Os comparsas da panelinha de Yeltsin tornaram-se os "oligarcas" de hoje, "limpando" os ativos do Estado de forma eficiente e colocando-os nas mãos de alguns poucos indivíduos (eles mesmos).

Desde que assumiu o poder nas eleições de 2000, Putin coibiu qualquer ideia de reforma política, eleições diretas, debate público ou coisa parecida. Todo aumento de complexidade que os russos haviam adquirido no cenário político regrediu para o nível da URSS e ali permanece até hoje. Evidentemente, um aumento no nível de complexidade em outras áreas da vida, como viagens ao exterior, imprensa parcialmente livre e consumismo, foi o preço pago por Putin para reduzir os graus de liberdade pública no âmbito político. Alguns novos oligarcas, entre eles Mikhail Khodorkovsky, o homem mais rico da Rússia na época, não entenderam muito bem a estratégia, e Putin tomou medidas duras para explicá-la — mandou Khodorkovsky para um campo de prisioneiros em 2004, alegando sonegação de impostos (o que lembra a prisão de Al Capone nos Estados Unidos em circunstâncias muitos parecidas, no ano de 1931).

Um grupo pequeno, mas influente, de liberais russos manteve a esperança durante o interregno de Dmitri Medvedev, que assumiu o poder em 2008, quando Putin se tornou inelegível para um terceiro mandato. Em setembro de 2011, uma mulher desse grupo de liberais obstinados, Lyubov Volkova, despertou na manhã seguinte após Putin ter se "indicado" a uma futura candidatura à presidência e disse numa entrevista ao *New York Times* que aquela reviravolta lembrava uma história parecida com a que contei na Parte I sobre o efeito borboleta (uma borboleta batendo as asas numa parte do mundo desencadeia uma série de eventos que modificam totalmente o mundo em algum outro lugar). Eis as palavras de Volkova: "Um dia — talvez não há vinte anos, mas há dezessete anos — a borboleta foi esmagada, e a consciência dos cidadãos russos tomou um caminho diferente." A volta de Putin ao cargo de presidente certamente eliminará qualquer ganho de complexidade no âmbito político que possa ter acontecido no mandato de Medvedev, fazendo com que o nível de complexidade política da população russa permaneça baixo por muitos anos. Parece, então, que a liberdade de expressão na Rússia nunca foi uma borboleta, ávida por bater as asas e voar, mas apenas uma humilde lagarta. (Os protestos em massa na Rússia no final de 2011 parecem criar alguma esperança para a tal borboleta.)

Essa história do triste drama político da Rússia ilustra dois importantes princípios. O primeiro é que o nível de complexidade de uma sociedade pode variar em diferentes áreas da vida. Aqui vemos a complexidade política aumentando temporariamente, para depois ser logo suprimida, no momento em que o aumento se tornou perturbador demais para a ordem social durante o

período Yeltsin. As tentativas de modernizar o país baseavam-se numa crença quase cega no poder do livre mercado. A liberalização levou à privatização de muitos setores estatais, o que por sua vez provocou agitação social, falência de empresas, uma taxa altíssima de desemprego, sequestros, prostituição e o surgimento de grupos de criminosos semelhantes aos da máfia americana nos frenéticos anos 1920. Ao mesmo tempo, porém, o nível de complexidade em outros campos da vida, sobretudo o de viagens ao exterior e bens de consumo, aumentou consideravelmente. Vale a pena guardar esse exemplo, pois ele mostra que os governos articulam escolhas conflitivas entre diferentes tipos de complexidade para manter seu poderio político. A situação atual da China é outro bom exemplo desse tipo de escolha conflitiva de complexidade.

A segunda grande ideia, claro, é o efeito borboleta citado por Lyubov Volkova. Houve um momento em que de fato parecia que uma borboleta política começava a sair de seu casulo, batendo as asas para levar a Rússia a um caminho totalmente novo de liberdade política e econômica. Mas não foi o caso.

O DECLÍNIO E A QUEDA DA UNIÃO EUROPEIA

OUTRA RECONFIGURAÇÃO, MUITO DIFERENTE em seus detalhes daquela que ocorreu com a antiga União Soviética, mas assustadoramente semelhante sob outros aspectos, está acontecendo na Europa neste exato momento. Toda a estrutura da União Europeia está à beira de um colapso, não por conta de agitações políticas e sociais, mas pelo que se apresenta como causas puramente econômicas e financeiras. Uma vez que o dinheiro tem importância em todas as áreas da vida, precisamos entender os possíveis desdobramentos dessa crise europeia para ter uma ideia de como a estrutura geopolítica do mundo poderá ser dentro de alguns anos.

Analistas políticos, colunistas e especialistas em finanças, além de muitos outros sonhadores, planejadores e os chamados "homens de negócios", apontam uma série de motivos para explicar o atoleiro financeiro em que a União Europeia se encontra. Eles variam desde a preguiça dos gregos, a ganância dos banqueiros, a voracidade das empreiteiras até a insensibilidade dos tecnocratas belgas e a irresponsabilidade dos políticos de todos os matizes ideológicos. Mas essas "explicações" parecem coisa de médicos que tratam apenas dos sintomas, não das causas das doenças. No caso da crise da UE, elas são muito mais profundas do que meros caprichos de um grupo aleatório de indivíduos, bem-intencionados até, mas essencialmente desorientados. A verdadeira *causa causarum* repousa no fato de que um desnível de complexidade cada vez maior entre sistemas humanos em interação é quase inevitavelmente trazido de volta à realidade por meio de uma "terapia de choque". Como enfatizei diversas vezes,

essa terapia de choque costuma assumir a forma de eventos extremos. Veja como aqueles princípios básicos se enquadram no contexto da crise europeia atual.

A formação da União Europeia pode ser vista como um tipo de acontecimento "agregador", "globalizante". De fato, o Tratado de Roma de 1957 ocorreu numa época em que os governos europeus sentiam cada vez mais a premência de se unir num único corpo político. A despeito de alguns contratempos na aprovação da constituição em 2005-2008, a história da União Europeia sempre foi de avanços e crescimentos... até agora! Forças de "separação" e "regionalização" começaram a se destacar, manifestando-se na relutância das nações mais prósperas em sustentar as finanças dos membros mais fracos do grupo e em discursos a favor da volta dos controles de fronteira para conter o fluxo de refugiados econômicos indesejados vindos dos Bálcãs, da Turquia e de outros países.

Como já dissemos, quando as organizações, sobretudo estados ou impérios, se deparam com problemas, a forma consagrada de resolvê-los é adicionar mais uma camada de complexidade à organização. Ou seja, basicamente pelo famoso processo de "burocratização". Quanto mais problemas, maior é a burocracia, até o ponto em que todos os recursos da organização são consumidos apenas para manter sua estrutura corrente. Quando surge um novo problema, a organização despenca do abismo da complexidade e simplesmente entra em colapso.

Muitas vezes essa armadilha aparece quando dois (ou mais) sistemas estão em interação. O desnível entre os dois torna-se grande demais para se sustentar, e o evento X que se segue é a forma de resolvê-lo. Vimos esse processo antes quando falamos do colapso dos regimes autoritários da Tunísia e do Egito, ambos impulsionados por um rápido crescimento da complexidade do sistema de menor complexidade — o conjunto de cidadãos de cada país — via redes sociais e canais de comunicação modernos. Os governos não tiveram como suprimir nem acompanhar. O resultado final foi, como todos sabem, o evento extremo da mudança de regime, de forma rápida e violenta.

Para ilustrar esse princípio no contexto da UE, pense nos países da zona do euro como um sistema em interação com o restante da economia global. Se não fizessem parte desse grupo, eles teriam à disposição muitas opções para lidar com uma época de mudanças econômicas. Poderiam, por exemplo, controlar a oferta de sua própria moeda, aumentar ou diminuir taxas de juros, impor tarifas alfandegárias ou coisas parecidas. Em suma, seu nível de complexidade seria alto, em decorrência dos diferentes tipos de medidas que poderiam ser tomadas.

No entanto, os membros da zona do euro são severamente limitados, pois nenhum país pode agir de modo unilateral. Toda ação precisa respeitar os ditames do Banco Central Europeu (BCE). Dessa forma, surge um desnível entre um sistema de alta complexidade (o mundo) e um sistema de baixa

complexidade (os estados da zona do euro). Os empréstimos dos países mais ricos aos países endividados e outras iniciativas do BCE no sentido de fechar essa lacuna acabarão fatalmente caindo na categoria do “aplicar dinheiro bom no dinheiro ruim”. Em última instância, deverá prevalecer a solução-padrão da natureza humana diante de um problema desse tipo, que nesse caso será o evento extremo da derrocada do euro e possivelmente da própria União Europeia.

Será que o desnível de complexidade poderia ser solucionado sem um colapso do euro? Talvez, mas somente se a UE tivesse tomado uma medida impopular do ponto de vista político, mas necessária, logo no início da crise financeira, em vez de tentar resolver com dinheiro um problema que o dinheiro não resolve. Por exemplo, implementar procedimentos regulatórios muito mais rigorosos para avaliar as finanças de candidatos à UE ou até mesmo desacelerar todo o processo de admissão de novos membros teria sido doloroso num primeiro momento, mas esse tipo de ação com certeza teria ajudado a evitar a crise atual. A política de “quanto mais rápido melhor” na admissão de novos países foi colocada em prática na tentativa de ampliar a UE o mais rápido possível, supostamente porque assim ela seria “grande demais para fracassar”. Que ironia!

Mesmo a política de expansão acelerada teria dado certo se os governos tivessem reconhecido que políticas financeiras genéricas, apesar de parecerem eficazes na teoria, quase sempre fracassam na prática. Diferentes culturas exigem diferentes abordagens em relação a quase tudo. Imaginar que uma política financeira que funciona num país como a Alemanha poderia/deveria funcionar igualmente bem na Grécia ou em Portugal é flertar com o desastre.

Evidentemente, agora é tarde demais para ações desse tipo. A história está cheia de exemplos de ideologias que se chocaram contra o muro da realidade. A grande questão do momento é se a própria UE terminará nesse cemitério de experiências de engenharia social — uma tentativa que precisava ser feita, mas que agora provavelmente é considerada um fracasso total. Sejamos mais específicos em relação ao futuro caso a zona do euro se desfaça.

Em tempos como os atuais, muitos especialistas afirmam que o futuro está nas mãos dos países mais fortes, como a Alemanha e, num grau menor, a França. A forma mais provável de desmantelamento da zona do euro seria a Alemanha chegar à conclusão de que o colapso a favorece. Ou seja, a questão fundamental é se a Alemanha ganharia mais permanecendo na zona do euro e, em essência, financiando-a ou se seria de seu interesse sair dela. Existem pelo menos três hipóteses principais para o caso de a Alemanha decidir pela saída, cada uma constituindo um evento X específico.

Colapso total: Nesse caso, a zona do euro voltaria a ser o que era antes da

introdução da moeda. Para isso, o BCE teria de devolver ouro aos países membros na proporção de sua contribuição inicial. As diversas moedas nacionais anteriores — o marco alemão, a lira, o franco, o marco finlandês, entre outras — voltariam a circular, com o valor da época da introdução do euro.

Nesse cenário, as reservas em dólares americanos substituiriam as reservas de euro. As pessoas perderiam a confiança em quase todas as moedas e procurariam desesperadamente ativos fortes, como o ouro. Podemos afirmar que os mercados de câmbio se tornariam caóticos, provavelmente com um forte movimento inicial em direção ao dólar americano — mas só até que a poeira baixasse e as empresas voltassem a alguma normalidade.

Colapso parcial: O mais provável é que a zona do euro não entre em colapso total, pelo menos no início, mas que encolha, expulsando seus integrantes mais fracos, do sul da Europa. Esses países — Espanha, Grécia, Portugal, Itália — teriam de voltar a suas antigas moedas, o que aconteceria junto com uma imposição de controle cambial para evitar fuga de capital para o euro. Os excluídos sofreriam anos de pobreza, mas talvez nada pior do que se permanecessem onde estavam. O "novo euro", de uma hora para outra, se tornaria a moeda do momento, na medida em que o endividamento dos países remanescentes diminuiria drasticamente.

Retirada unilateral: Esta é uma situação extrema, em que o membro mais forte da zona do euro chega à conclusão de que não dá mais e que a melhor opção é seguir sozinho. Se isso acontecesse, o euro se desvalorizaria, enquanto o dólar americano permaneceria como a moeda de reserva global — mas ainda em lenta queda em relação a outras moedas importantes como o iene japonês e o yuan chinês.

Os visionários adoram prever situações como essas abrindo caminho para uma nova ordem mundial. Devo admitir uma queda por esse tipo de "filosofia de gaveta" — nem tanto para prever o que realmente acontecerá, mas para delinear as possibilidades do que *talvez* ocorra, desde situações plausíveis (eventos não extremos) até as mais especulativas (muitos dos mais extremos dos eventos X). De um modo geral, imaginar hipóteses é uma forma de focar tanto nas limitações à modificação do mundo quanto nas oportunidades de transformá-lo em algo melhor, não apenas em algo que devemos simplesmente suportar. A propósito, quero contar a história de um exercício que fiz há mais de uma década, mas que ainda guarda grandes lições se quisermos saber como o mundo será daqui a uma ou duas décadas.

• • •

FUI CONVIDADO PARA IR a Washington, D.C., na virada do milênio, para participar de uma iniciativa patrocinada pelo governo americano chamada de Projeto Proteus. O objetivo era explorar diversas e variadas hipóteses relativas ao mundo em 2020 e avaliar as ameaças de cada uma dessas possibilidades aos interesses americanos, definindo formas de mitigá-las. O grupo Proteus consistia em cerca de sessenta especialistas de um número atordoante de disciplinas, desde a física, a engenharia e a economia até a literatura de ficção científica e a poesia. O que nos interessa não é o exercício em si, mas algumas situações apresentadas. (Tom Thomas, da Deloitte Consulting, e Michael Loescher, do Copernicus Institute, foram os criadores dessas visões do mundo de 2020. Agradeço-lhes os conselhos e a permissão para publicar algumas delas aqui.)

Dos cinco mundos de 2020 apresentados ao grupo, os três que parecem mais apropriados para nosso propósito neste livro são: *Xangrilá dos militantes*, *O inimigo interno* e *A retirada dos ianques*. A situação em cada uma das hipóteses foi detalhada, em páginas e mais páginas de dados e relatos fictícios. Aqui vai apenas um resumo de cada uma delas.

> ***Xangrilá dos militantes:*** Este é um mundo de acontecimentos inesperados e vilões esquivos. O planeta, em geral, e os Estados Unidos, em particular, estão na terceira década de uma economia próspera, movida pela informação, mas também continuam no caminho da complexidade, com novas estruturas de influência no globo. Os cálculos newtonianos diplomáticos e militares dos últimos quatrocentos anos, desde o fim da Idade Média e o surgimento dos Estados, parecem estar dando lugar a outra era. O cidadão comum conseguiu sobreviver a um século com duzentos milhões de mortes em guerras, resistiu a estonteantes mudanças tecnológicas e ouve compassivamente o gemido da Terra sob o peso populacional e uma ameaça de extinção. Quase todos os animais da África, muitos peixes e grande parte das áreas naturais do planeta desapareceram. Nesse mundo entra em cena a nova e preocupante Aliança da Constelação do Sul: África do Sul, Índia, Indonésia, China e outros párias da filosofia social ocidental de liberdade individual e de direitos humanos, funcionando, legitimamente, como um bloco de Estados-nações e, ilegitimamente, como cartéis criminosos. Sua principal estratégia é manter o mundo à beira do caos e, a partir desse caos, colher lucros. A aliança está no espaço, no mar, na mídia e nas instituições financeiras, infiltrando-se no coração e na mente das pessoas com o objetivo de acabar com a noção de liberdade pessoal. Enquanto isso, os Estados Unidos, seus quatro primos de língua inglesa e seus

aliados do Pacífico, como o Japão e uma recém-unificada Coreia, se unem para resistir ao império do mal.

O inimigo interno: Este é um mundo em que os Estados Unidos, de forma lenta, inesperada e bastante dramática, perderam o rumo. Como tantas nações no auge de seu poder, desacordos, tensões étnicas e políticas unidirecionais esfarraparam a malha social. A sociedade está fraturada e fragmentada — do ponto de vista político, social e cultural. Conflitos entre gerações, somados a uma taxa recorde de desemprego, dividiram igrejas, vizinhanças e famílias inteiras. Tensões raciais estão a ponto de explodir nos centros urbanos e nos subúrbios, e o fantasma da incerteza paira sobre todas as atividades do dia a dia. Surtos de violência podem estourar a qualquer momento, nos lugares mais improváveis. Não há para onde fugir. Nessas circunstâncias sociais, o capital e os negócios estão saindo do país. A economia nacional se estagna em níveis quase insustentáveis. A agricultura, os sistemas de saúde e farmacêutico, as pequenas lojas de varejo, os serviços de segurança pessoal e o setor de construção são as poucas áreas que se salvam nesse abismo econômico. Coalizões governamentais lutam para encontrar uma resposta oficial para essa crise aparentemente sem fim. Todas as outras tarefas e obrigações nacionais ficam em segundo plano. O país se volta para dentro e enfrenta o momento mais crítico de seus 250 anos de história.

A retirada dos ianques: Um mundo em que quase nada é claro, exceto que ocorreram mudanças radicais. Quem está administrando as coisas? Por que determinadas decisões estão sendo tomadas? Que metas estão sendo perseguidas? Quem são os amigos e quem são os inimigos? Os Estados Unidos se afastaram do mundo, se retiraram após uma série de terríveis tropeços na política externa e de uma longa e profunda recessão. O mundo é fortemente influenciado pela lembrança do terrorismo, das guerras locais e da instabilidade geral que se seguiu ao isolacionismo americano. Em seu rastro, vemos um mundo composto pelos atores tradicionais (nações, organizações internacionais, organizações não governamentais) e por atores não tradicionais muito poderosos (alianças corporativas globais, grupos criminosos, unidades mercenárias). Esses atores trabalham em conjunto em busca de poder e influência e, ao mesmo tempo, competem por posição e controle, num constante redemoinho político e econômico, desconcertante para quase todos os envolvidos. Nesse mundo, conceitos históricos de lealdade são questionados e as regras do jogo são nebulosas. O comportamento previsível torna-se uma excepcionalidade, em vez de ser a regra.

Os cenários do Proteus mostram como os Estados Unidos podem decair ou mesmo sair de cena enquanto potência mundial. É interessante ver como esses caminhos rumo à ignomínia correspondem às suposições levantadas por outro famoso visionário.

• • •

PETER SCHWARTZ É PROVAVELMENTE o futurologista mais conhecido do mundo. Ex-diretor do departamento de planejamento da Shell holandesa, ele fundou a Global Business Network (GBN) alguns anos atrás a fim de explorar diversas hipóteses de futuro para os mais variados clientes, desde o Departamento de Defesa americano até o diretor de cinema Steven Spielberg, em sua produção *Minority Report*. Em agosto de 2009, Schwartz foi procurado pela revista *Slate* para criar visões alternativas de como os Estados Unidos poderiam deixar de ser o centro geopolítico do mundo nos próximos cem anos. Seu grupo apresentou quatro possibilidades. Eis um pequeno resumo desse mapa para o colapso desenvolvido pela GBN.

Colapso: Após o fracasso das reações oficiais a uma série de catástrofes como o furacão Katrina, o estado de ânimo da população americana é afetado de forma negativa. As pessoas começam a ver o governo como seu maior inimigo. Essa mudança na psicologia coletiva gera um descompasso de complexidade entre o governo e os cidadãos, situação muito parecida com a que aconteceu recentemente nos países árabes do norte da África, resultando na implosão dos Estados Unidos devido a divisões internas insustentáveis.

Separação amigável: Esta hipótese envolve um *downsizing*, em que os Estados Unidos racham devido apenas à incapacidade de arcar com o custo de um grande império. Schwartz vê essa dissolução como algo análogo ao que aconteceu com a União Soviética. Uma variação seria um grande estado, como a Califórnia ou o Texas, ou uma região, como a Costa Oeste, desenvolver recursos suficientes para sair individualmente da união. A GBN diz que isso pode acontecer com a junção dos estados de esquerda em uma "Aliança Democrática", enquanto os estados do lado oposto formariam uma "Nação Republicana".

Governança global: Neste mundo, os Estados Unidos perdem gradualmente sua importância geopolítica enquanto são assimilados por uma comunidade global maior. Em suma, o mundo se une para formar as verdadeiras "Nações Unidas", e todos os Estados-nações, inclusive os Estados Unidos,

cedem grande parte de sua autoridade a esse governo global.

Conquista global: Este é o caminho mais pesado, em que não só os Estados Unidos, mas também o resto do mundo, são subjugados a uma ditadura global. Uma espécie de "superMao", como Schwartz chama o ditador, assume o poder à força, provavelmente utilizando armas baseadas no espaço, e bloqueia o resto do mundo.

As três visões do mundo de 2020 concebidas pelo Projeto Proteus, assim como as possibilidades da GBN, mostram de que maneira as hipóteses podem servir para prever o futuro. Como vimos em acontecimentos recentes, cada uma contém elementos do mundo real de hoje em dia e nos dá uma ideia do provável impacto de um evento X daqui a uma década. Tanto os organizadores do Proteus quanto o grupo de Schwartz lembram que as hipóteses não devem ser consideradas como previsões do futuro, mas exercícios de raciocínio para estimular o debate sobre os diversos fatores que poderiam culminar em acontecimentos como esses. Ou seja, temos de pegar um pouco de cada situação para chegar a um modelo que sugeriria uma maneira de apostar hoje no mundo mais provável de amanhã.

Com esses exemplos da Rússia, da UE e do Projeto Proteus, concluirei esta parte falando rapidamente dos aspectos estratégicos dos ciclos históricos e dos desníveis de complexidade, além de como os indivíduos podem superar as tempestades econômicas, políticas e sociais que estão se formando no horizonte.

Todas as situações sugeridas pelo Projeto Proteus preveem um colapso social acontecendo como um lento descarrilamento, um processo gradual, quase imperceptível, por meio do qual um grupo social (sociedade, império, civilização) passa tranquilamente o bastão de poder e influência global a seu sucessor. Evidentemente, essa "passagem" não é tão tranquila quanto descrito. O bastão do antigo regime é arrancado à força pelo novo poder. Não obstante, as teorias cíclicas dos processos históricos defendidas por pensadores do século XX, como Oswald Spengler, Arnold Toynbee e Paul Kennedy, consideram que essa sucessão se dá de forma pacífica. Basicamente, a opinião geral é a de que a história tem um ritmo e que esse ritmo envolve mudanças graduais, sem grandes descontinuidades. Há pouco tempo, Niall Ferguson, historiador de Harvard e pensador social, defendeu um quadro bem diferente em relação a essa transição. Um breve relato das ideias de Ferguson é um bom ponto de partida para nossa conclusão.

AOS TRANCOS E BARRANCOS

ALGUNS ANOS ATRÁS, OS biólogos Stephen J. Gould e Nils Eldredge apresentaram uma teoria denominada "equilíbrio pontuado". Segundo eles, os processos evolutivos não acontecem de forma gradual e lenta, mas aos solavancos. Durante longos períodos de tempo evolucionário (centenas de milhares ou até mesmo milhões de anos), não acontece quase nada. Aí, chega um momento como a explosão cambriana, há 650 milhões de anos, quando ocorrem inúmeras e drásticas transformações. Nesse curto período de 510 milhões de anos, surgiram os principais grupos de animais que conhecemos hoje, animais com carapaças e esqueletos externos. Depois disso, as coisas se assentaram de novo, numa espécie de longa "hibernação".

As visões de Niall Ferguson relacionadas às dinâmicas dos processos históricos lembram muito a teoria de Gould-Eldredge para processos biológicos. E por que não? Afinal, a própria história é um processo social que envolve mudanças evolutivas. Portanto, não é de se estranhar que os mecanismos biológicos de mudança e os históricos (sejam eles quais forem) apresentem grandes semelhanças.

O que Ferguson considera mudança histórica é um processo que alegrará o coração de qualquer teórico de sistemas. Num artigo da *Foreign Affairs* em 2010, Ferguson explicou sua visão bastante peculiar de como a história se desenvolve:

> *As grandes potências são sistemas complexos, compostos por um grande número de componentes interativos assimetricamente organizados, (...) que funcionam entre a ordem e a desordem — à "beira do caos". (...) Tais sistemas podem operar com estabilidade durante algum tempo, parecendo se encontrar em equilíbrio, mas na verdade estão em constante adaptação. Mesmo assim, chega um momento em que os sistemas complexos entram em estado "crítico". Um pequeno acontecimento pode ativar uma "transição de fase", e o que era equilíbrio benigno vira crise (...).*

Pois é. A teoria do equilíbrio pontuado de Gould-Eldredge se elevou (ou se rebaixou!) ao domínio dos processos sociais.

Em seu argumento, Ferguson afirma que qualquer unidade política de grande porte é um sistema complexo, seja uma ditadura ou uma democracia. Os impérios, em particular, demonstram a tendência característica de um sistema complexo capaz de migrar depressa de um estado de estabilidade para a instabilidade. As teorias cíclicas da história não têm espaço para tais descontinuidades acíclicas, o que talvez não seja surpreendente, visto que a teoria dos sistemas complexos é algo relativamente novo no panteão dos modelos, tendo surgido com força total há apenas poucas décadas.

Ferguson respalda seu argumento com inúmeros exemplos históricos de impérios que desmoronaram quase da noite para o dia, e não de forma gradual e

lenta. Vale a pena lembrar o caso clássico do Império Romano, que tombou em apenas duas gerações, com a própria cidade de Roma sofrendo uma diminuição de 75% em sua população durante essa época. As evidências arqueológicas — moradias de padrão inferior, menos moedas, gado mais mirrado — comprovam o fenômeno de *downsizing* que mencionei diversas vezes neste livro e refletem a dramática redução da influência de Roma sobre o resto da Europa. Um exemplo mais recente é a queda da União Soviética, em 1989, da qual falamos no início deste capítulo. Em toda a história, encontraremos muitos outros registros de "colapsos" repentinos de império.

O que tudo isso indica em relação ao futuro dos Estados Unidos no curto prazo?

Como Ferguson observa, as transições de império acontecem praticamente da noite para o dia. Portanto, é perda de tempo ficar falando de estágios de declínio e querer saber em que ponto os Estados Unidos se encontram hoje. Além disso, a maioria dos impérios acaba caindo, devido à má gestão financeira e às crises subsequentes. Em essência, o desnível entre a entrada e os gastos amplia-se abruptamente, e o império torna-se incapaz de pagar essa dívida (outro desnível de complexidade). O exemplo da escalada da dívida pública americana, de 5,8 trilhões de dólares em 2008 para 14,3 trilhões, segundo estimativas, daqui a mais ou menos uma década já deve ser suficiente para encher os contribuintes com o pavor dos deuses fiscais.

Como falei na Parte I, um dos fatores determinantes do que realmente acontece no plano social são as crenças das pessoas em relação ao futuro, o chamado "clima social". Enquanto elas acreditarem que os Estados Unidos serão capazes de lidar com seus problemas, o país, junto com o resto do mundo, conseguirá atravessar qualquer crise. Entretanto, no momento em que uma borboleta financeira bate suas asas sob a forma de um acontecimento aparentemente inócuo — talvez a quebra de um banco (como a do Lehman Brothers, em 2008) ou o rebaixamento dos títulos da dívida nacional de uma pequena ou grande economia (como aconteceu aos Estados Unidos em 2011) —, o castelo de cartas inteiro vem abaixo e salve-se quem puder. Como diz Ferguson, o sistema "está com graves problemas quando seus componentes deixam de acreditar em sua viabilidade". A conclusão dessa afirmação é que os impérios funcionam em aparente equilíbrio por um período imprevisível — e um dia, de repente, desmoronam.

A pergunta agora é como todas essas lindas abstrações e esses princípios gerais se aplicam em relação ao tipo de vida que os americanos provavelmente terão quando uma depressão deflacionária ou uma hiperinflação se instaurar de verdade. Aqui temos uma pequena amostra dos próximos distúrbios. Qual a probabilidade de algum dos cenários apresentados realmente se concretizar? Do ponto de vista atual, nenhum deles parece muito provável, sobretudo se

seguirmos a tendência geral dos acontecimentos. Mas uma década é muito tempo, e certamente haverá surpresas no decorrer do caminho. Basta considerar elementos como armas nanotecnológicas, mudanças climáticas catastróficas, uma nova Era Glacial ou algum dos eventos X que expus nesta seção do livro. Qualquer um desses elementos pode virar o jogo nas próximas décadas. E digo mais: se Niall Ferguson estiver correto, está na hora de se preparar, uma vez que o colapso, se/quando vier, acontecerá de repente, e aí já será tarde demais.

SINTETIZANDO

UMA MANCHETE DA BLOOMBERG chamou minha atenção outro dia: “Temendo o apocalipse, magnatas russos adquirem casamatas para se precaver contra ameaças terroristas”. A matéria falava de uma empresa que estava construindo casamatas privadas de quatrocentos mil dólares para oligarcas em locais remotos da Rússia, a fim de protegê-los do cataclisma global previsto pelo antigo calendário maia para o final de 2012. Para aqueles com um saldo bancário menor, outra firma está construindo casamatas coletivas em lugares secretos da Europa Central, onde, por 25 mil dólares, o indivíduo pode se abrigar quando a coisa ficar preta. Embora pareça improvável que um evento X exija a adoção de uma mentalidade de bunker para se sobreviver a suas consequências, não resta dúvida de que o estilo de vida pós-industrial de hoje sofrerá um grave *downsizing* (talvez até para os oligarcas) se qualquer um dos eventos X aqui apresentados de fato se concretizar.

Como opção mais simples em relação à mudança do estilo de vida, um site de sobrevivência, www.usacarry.com, apresenta um artigo muito interessante e possivelmente útil intitulado “As dez medidas de sobrevivência que precisamos tomar antes do total colapso do dólar americano”. Fiquei, obviamente, muito curioso para ver como o autor, um certo Jason Hanson, descrevia a vida sem o dólar americano e decidi dar uma olhada no site. A cena descrita era: “Haverá tumulto nas ruas, e Marshall Law* entrará em ação [*sic*].” Quanto às dez medidas para garantir um lugar na nova América, a primeira coisa a fazer, segundo o Sr. Hanson, é “ter, no mínimo, três armas: uma pistola, um fuzil e uma espingarda”. Depois de explicar como armazenar comida para um ano e água para um mês, o artigo finalmente fala de dinheiro: ouro, prata e dinheiro vivo. É isso. O texto termina com o lembrete: “E o mais importante: não se esqueça de arrumar aquelas armas!”

Tudo bem. Se você está pronto para viver num mundo em que os sobreviventes invejarão os mortos, pode ser que armas e casamatas sejam ótimas soluções. Contudo, o mundo apocalíptico pós-guerra nuclear e o mundo deflacionário pós-dólar americano que deveremos enfrentar são coisas bem

diferentes. Para entender o que estou dizendo, observe como a Grande Recessão atual já afetou a vida das pessoas e imagine isso num nível ainda maior.

De acordo com uma pesquisa realizada pela Pew Foundation em meados de 2010, mais da metade da força de trabalho adulta dos Estados Unidos já enfrentou algum tipo de "dificuldade profissional", como um longo período de desemprego ou expediente reduzido, desde o início da recessão do final de 2007. Outra pesquisa revelou que mais de 70% dos americanos acima dos quarenta anos foram afetados pela crise econômica e que o patrimônio líquido de uma família comum caiu cerca de 20%. Ou seja, o impacto de uma grande recessão já prejudicou permanentemente o estilo de vida.

O outro lado dessa vil moeda econômica está, segundo se acredita, nos benefícios sociais decorrentes da necessidade de se adotar um estilo de vida menos perdulário. Dizem que a Grande Depressão da década de 1930 acabou por ser uma salvação, pois obrigou a sociedade a trabalhar em conjunto para dar um sentido de unidade ao país. Mas a realidade engana. Na verdade, foi a Segunda Guerra Mundial que cumpriu essa função, não a Grande Depressão. No presente, a Grande Recessão não dá sinais de criar um estilo de vida mais simples, mais lento e menos orientado ao consumo. A maioria das pessoas está ficando mais pobre, enquanto os ricos ficam mais ricos, sem falar nas relações familiares, cada vez mais tensas, quando não são totalmente desfeitas. É difícil imaginar que um colapso absoluto da economia global seja capaz de melhorar esse quadro.

Em vez de uma América melhor e mais otimista, o que entendemos como "normal" será redefinido por um mundo pós-colapso. Eis algumas das novas "situações normais" prováveis, descritas pela revista *Fortune*:

Aluguel em vez de casa própria: O pilar central sobre o qual se sustenta o "sonho americano" é a casa própria. Ter seu próprio terreno e seu lar está tão enfronhado no imaginário quanto a visão da mãe de família assando uma torta de maçã. Mas no mundo americano pós-colapso isso acabará. Só os ricos terão imóveis. O restante terá de alugá-los.

Desemprego permanente: A economia americana precisaria oferecer mais de trezentos mil novos empregos nos próximos três anos para baixar o índice de desemprego a menos de 7% até 2014. Atualmente, um relatório mensal com um acréscimo de menos de cem mil empregos é comemorado como um grande progresso. Portanto, uma volta aos níveis de desemprego de 5% ou menos, de antes de 2007, é um sonho distante — que se tornará quase remoto quando a economia americana sair do centro da cena.

Economia em vez de gasto: Uma renda menor e a incerteza em torno dos empregos farão com que as pessoas liquidem suas dívidas e comecem a

economizar, preparando-se para o momento da demissão. Supérfluos como os sapatos caros e o jantar elegante no restaurante francês deverão ficar de lado.

Impostos maiores para "os ricos": De acordo com o léxico atual, "rico" significa alguém que ganha no mínimo 250 mil dólares por ano. De onde vem esse número ninguém sabe, mas, de alguma maneira, é um valor consagrado na linguagem de Washington para definir o limite entre quem deve pagar mais imposto de renda e quem não deve. Parece perfeito. Afinal, menos de 2% dos lares americanos têm uma renda nesse patamar. A questão é que, se o dólar entrar em colapso e uma hiperinflação se instaurar, essa quantia já não valerá tanto. Há quem diga que já não vale. Por outro lado, se o cenário de deflação não descambar para a hiperinflação, esse dinheiro ainda terá seu valor — desde que você o enterre no quintal ou o guarde debaixo do colchão para poder usá-lo quando seu banco falir.

O estilo de vida do mundo industrializado, em suma, assumirá um tom mais lúgubre quando o mundo se dividir em blocos de poder isolados, não globalizados. Mas não será o fim dos tempos (assim esperamos)!

---

* N.T.: Marshall Law é um personagem da série de jogos de luta Tekken. É um personagem chinês que mora nos Estados Unidos e luta Jeet Kune Do, estilo de luta criado por Bruce Lee.

FÍSICA MORTÍFERA

DESTRUIÇÃO DA TERRA PELA CRIAÇÃO DE PARTÍCULAS EXÓTICAS

MATANDO O EXPERIMENTADOR

EM MINHAS AULAS DE química do ensino médio, os momentos mais empolgantes sempre vinham quando o professor realizava um experimento "explosivo" para chamar a atenção da turma. Um desses, que gosto de lembrar, envolvia cortar um pedacinho de sódio de uma barra imersa em óleo e jogá-la em um copo com água. A reação separava de imediato as moléculas de água em seus componentes: hidrogênio e oxigênio. Também gerava muito calor. O que tornou inesquecível o experimento foi o fato de o professor ter obviamente errado na quantidade de sódio, pois o calor na reação, junto com o oxigênio, inflamou o hidrogênio, provocando uma grande explosão que quebrou o copo em mil pedaços e deixou uma enorme mancha de fuligem no teto do laboratório. Felizmente, ninguém se feriu, mas foi o fim daquele tipo de demonstração para o resto do semestre e serviu bem para ilustrar a ideia de um experimento que poderia facilmente ter matado o experimentador.

Ainda que não represente um grande perigo para a humanidade, um experimento desastrado no laboratório de química da escola é um bom exemplo de como a complexidade pode entrar em cena com consequências potencialmente desastrosas quando não se está olhando. Nesse caso, vemos o efeito borboleta em ação, no qual um pequeno erro de cálculo do professor em relação à quantidade de sódio levou a uma reação descontrolada que não chegou a explodir o laboratório ou matar o mestre, mas assustou a todos.

Portanto, assim como o experimento do gelo 9 no livro *Cama de gato*, de Vonnegut, que descrevi na Parte I, brincar com forças da natureza que fogem à nossa compreensão pode ser perigoso não só para nossa saúde, mas para a de todos os seres do planeta, se as coisas saírem dos eixos.

Outro desses experimentos, em uma escala bem maior, foi o teste da

primeira bomba atômica, realizado em Trinity Site, nas imediações de Alamogordo, Novo México, em 16 de julho de 1945. No verão de 1942, em Los Alamos, Edward Teller, um dos cientistas que projetavam a bomba, já expressava o temor de que as temperaturas extremas geradas pela explosão pudessem incendiar a atmosfera da Terra. A simples visão de um cogumelo gigante, com duzentos metros de largura, podia muito bem convencer uma pessoa a levar a sério a ideia de que a Terra inteira poderia ser consumida em uma monumental bola de fogo.

Apesar de a explosão poder gerar temperaturas superiores às do centro do Sol, a maioria dos colegas de Teller achava muito remota a possibilidade de que um incêndio autossustentável fosse provocado na atmosfera. O diretor do Projeto Manhattan, J. Robert Oppenheimer, encomendou um estudo a esse respeito. O relatório, que veio a público somente em 1973, confirmou a ideia dos céticos de que uma bola de fogo nuclear esfriava depressa demais para incendiar a atmosfera. Porém havia outro perigo oculto naquele teste.

Na década de 1940, pouco se sabia dos perigos da exposição à radiação, e os moradores dos arredores de Trinity Site não foram alertados nem evacuados, nem antes nem depois do teste. Como resultado, a população foi exposta à radiação ao respirar ar contaminado, consumir alimentos contaminados e beber água e leite afetados. Alguns ranchos situavam-se a menos de 25 quilômetros do local do teste e havia plantações comerciais nas proximidades. Em alguns dos ranchos, as taxas de exposição, medidas pouco depois da explosão, atingiram níveis de cerca de quinze mil milirems por hora, mais de dez mil vezes o nível hoje considerado seguro. Mesmo atualmente, uma hora de visita a Trinity Site resulta em uma exposição de 0,5 a 1,0 milirem, mais ou menos a quantidade de radiação que um adulto comum recebe em um dia de fontes naturais e artificiais, como raios X e elementos radioativos no solo.

Os físicos manifestaram preocupações de natureza semelhante quando a primeira reação nuclear sustentada foi demonstrada, em dezembro de 1942, pelo grupo de Enrico Fermi sob as arquibancadas abandonadas da ala oeste do estádio de futebol da Universidade de Chicago. Fermi convencera os cientistas de que a reação nuclear não fugiria ao controle e a cidade de Chicago estaria "segura". Mesmo assim, historiadores da Comissão de Energia Atômica comentaram que foi um grande risco conduzir um experimento com tecnologia nunca antes testada no coração de uma das maiores cidades do país.

Ainda que o teste nuclear no Novo México não colocasse realmente em risco a vida na Terra, pelo menos não na forma de um incêndio na atmosfera, foi a primeira vez na história que os cientistas consideraram seriamente a ideia de que seu trabalho poderia destruir o planeta. Com o avanço cada vez mais acelerado da tecnologia, temores desse tipo aparecem repetidamente. A manifestação mais recente é o medo de que o planeta seja sugado por um

buraco negro artificial ou desapareça em uma chuva de partículas ainda mais estranhas criadas nos aceleradores gigantescos do Laboratório Nacional de Brookhaven, nos Estados Unidos, e do Centro Europeu de Pesquisa Nuclear (CERN, *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*), na fronteira franco-suíça, na periferia de Genebra. A pergunta básica que surge sempre que uma máquina nova é construída, criando colisões cada vez mais violentas entre as partículas elementares que circulam dentro de anéis, é se essas colisões poderiam criar algum tipo de partícula ou evento capaz de "sugar" a Terra, ou mesmo o universo inteiro. Em particular, os temores em torno do grande colisor de hádrons (conhecido pela sigla LHC, *Large Hadron Collider*), que passou a funcionar no CERN no final de 2009, eram de que uma forma específica de uma partícula realmente estranha, apropriadamente denominada "*strangelet*", aparecesse e um momento depois a Terra simplesmente sumisse.

Antes de nos aprofundarmos um pouco mais nos motivos que levavam alguns cientistas a temer tal resultado, é interessante examinar por que construímos esses "brinquedinhos" potencialmente perigosos e definitivamente dispendiosos. Trata-se, sem sombra de dúvida, dos laboratórios mais caros já criados, que representam a vanguarda da tecnologia. O que esperamos ganhar ao concentrar um volume gigantesco de recursos humanos, tecnológicos e financeiros em um empreendimento desse tipo?

ALGUMA COISA — OU NADA?

A DÉCADA DE 1960 foi especialmente ativa para os físicos teóricos cujos modelos se propunham a abranger tudo o que se sabia sobre matéria, energia e tudo mais. Os desdobramentos desses trabalhos levaram ao que hoje se denomina "teoria de tudo", que pretende englobar em uma única teoria matemática compacta o comportamento de todas as partículas e forças que regem o universo, explicando como ele começou e como terminará. Entretanto, faltava um elo nesse chamado modelo-padrão, uma partícula elementar denominada *bóson de Higgs*, que explica como a matéria adquire massa. (Em 4 de julho de 2012, Rolf Heuer, diretor do CERN, anunciou em uma entrevista coletiva em Genebra: "Acho que temos algo", referindo-se a fortes indícios da presença do bóson de Higgs em dados colhidos nos experimentos do LHC. Embora a confirmação definitiva possa levar alguns meses, tudo leva a crer que a longa busca pelo bóson de Higgs está encerrada).

Quando o físico britânico Peter Higgs postulou a existência dessa partícula, no início da década de 1960, a sugestão foi menosprezada pela maioria dos colegas. Atualmente, aposta-se que um dos resultados vitoriosos do LHC será a primeira observação real desse objeto fugidio. Se os cientistas do CERN

conseguirem encontrar o bóson de Higgs, o modelo-padrão em que a grande maioria dos físicos acredita hoje será confirmado, e o próprio Higgs, agora com mais de oitenta anos, terá seu grande momento de satisfação pessoal e profissional, após tantos anos de críticas.

Higgs formulou sua teoria para explicar por que uma parte da massa desaparece quando a matéria é dividida em partículas menores. De acordo com ele, quando o Big Bang aconteceu, a matéria não tinha massa alguma. Um momento depois, a massa apareceu em cena. A questão é a seguinte: como esse processo aconteceu? Higgs afirma que a massa foi causada por um campo de energia que se aderiu às partículas ao passarem pelo campo produzido pelo que hoje é conhecido como partícula de Higgs. Essa entidade misteriosa às vezes é chamada de "partícula de Deus", um rótulo que o próprio Higgs rejeita, pois se considera ateu. Sem ela, estrelas e planetas jamais teriam se formado, pois a matéria criada no Big Bang teria simplesmente se espalhado pelo espaço, jamais se reunindo pela gravitação para formar objetos compactos e, em especial, organismos como você e eu.

Assim, a confirmação da existência do bóson de Higgs é considerada a prioridade máxima do LHC. Entretanto, os cientistas alertam que, mesmo que a partícula de Deus exista, talvez não a vejamos. O processo pelo qual ela dá massa à matéria ocorre tão depressa que pode estar escondido nos dados coletados do LHC e talvez demore anos para que esses dados sejam "garimpados".

O bóson de Higgs, porém, não é o único tesouro que pode surgir do LHC uma vez que esteja funcionando a pleno vapor. Outra possibilidade é a de que o colisor forneça provas materiais para a mais teórica das ideias da física moderna: a teoria das cordas. Existe uma comunidade ruidosa no mundo da física que afirma que o universo inteiro é formado por "cordas" ultramicroscópicas de matéria-energia. Nada mais. São cordas de um tipo ou de outro que formam o universo inteiro como o conhecemos. O problema é que ninguém jamais encontrou uma comprovação experimental para apoiar essa teoria! A ideia é pura especulação matemática.

Para que a teoria das cordas funcione, o universo precisa possuir dimensões invisíveis além das três dimensões normais do espaço e a dimensão do tempo com as quais estamos familiarizados. A maioria dos teóricos das cordas acredita em um mundo de dez dimensões e espera que o LHC revele as dimensões adicionais. Como isso poderia acontecer?

Uma forma pela qual o LHC poderia comprovar a existência de novas dimensões seria a criação de microburacos negros. As taxas de decaimento das partículas subatômicas criadas por esse buraco negro poderiam ser analisadas para verificar se as dimensões ocultas realmente existem. Outra forma de comprovar a existência de dimensões "ocultas" seria a produção de grávitons,

partículas que carregam a força gravitacional. Algo dessa espécie seria música para os ouvidos dos teóricos das cordas, fornecendo provas experimentais dos seus voos de imaginação matemática. Os resultados preliminares, porém, parecem pouco promissores.

Em um congresso de física em Mumbai no final do verão de 2011, a Dra. Tara Spears, do CERN, apresentou os resultados de alguns experimentos e afirmou que os pesquisadores não haviam encontrado indícios das chamadas partículas supersimétricas. Esse resultado põe em xeque uma das teorias mais populares em física, a teoria das supercordas. Se as conclusões apresentadas por Spears se confirmarem, os físicos terão de encontrar uma nova "teoria de tudo". O interessante é que resultados anteriores do Tevatron, em Chicago, sugeriam exatamente o contrário, razão pela qual os pesquisadores pediram ao CERN que o LHC fosse usado para examinar o processo com mais detalhes. O professor Jordan Nash, do Imperial College de Londres, um dos pesquisadores do projeto do CERN, coloca a questão nestes termos: "O fato de que não vimos quaisquer indícios [de supersimetria] significa que nossa compreensão do fenômeno é imperfeita, ou que ele é um pouco diferente do que pensamos, ou que ele simplesmente não existe." Antes de declarar a morte da supersimetria, porém, temos de lembrar que existem muitas outras versões da teoria, mais complicadas, que não foram descartadas pelos resultados do LHC. As superpartículas podem ser apenas mais difíceis de encontrar do que os físicos imaginavam.

Como um vislumbre interessante da sociologia da ciência, a derrocada da supersimetria seria uma visão celestial para uma geração de físicos mais jovens, que encontrariam o campo aberto para inventarem teorias novas, em vez de estarem atrelados a algo inventado pelos mais velhos. Como Max Planck certa vez colocou a questão, teorias novas nunca são aceitas de imediato; precisam aguardar a morte dos oponentes. Neste caso, o "oponente" seria a supersimetria. Os próximos cinco anos poderão dirimir a questão. É possível, porém, que existam outros tesouros a ser colhidos com o LHC além da supersimetria.

É provável que o fato mais curioso a respeito do universo conhecido seja que simplesmente não parece existir um número suficiente de objetos visíveis — estrelas, planetas, asteroides etc. — para explicar as forças gravitacionais responsáveis pela estrutura das galáxias e do próprio universo. Para dar conta do serviço, deve haver uma quantidade muito maior de matéria do que a que observamos atualmente. É aí que entra em cena a "matéria escura", uma forma de matéria que não pode ser vista, mas que constitui uma parcela bem maior do universo do que toda a matéria visível.

Se (e é um grande *se*) a matéria escura existe e possui a força de interação apropriada com a matéria visível, algumas teorias preveem que as partículas produzidas em colisões no LHC decairão em matéria escura que poderá ser

observada. Mas não se sabe se é possível criar matéria escura concentrando energia em um espaço suficientemente pequeno, de modo que ela pode não aparecer nem em um colisor mais poderoso do que o LHC. E, se aparecer, conhecemos tão pouco sobre suas propriedades que poderá passar despercebida, por não sabermos como olhar. O único ponto em que os físicos parecem concordar é que, caso exista, quase não interage com as partículas conhecidas. Isso significa que seria difícil separar matéria escura do ruído de fundo nos experimentos do LHC. Este é, portanto, um tiro no escuro. Entretanto, se o LHC conseguir criar partículas que pelo menos se revelem boas candidatas a matéria escura, toda a ideia ganhará um bom reforço. Por último, mas não menos importantes, vêm os *strangelets*.

• • •

EM 1993, DUAS EXPLOSÕES misteriosas sacudiram a Terra com ondas de choque que se propagaram a cerca de 1,6 milhão de quilômetros por hora. Fossem quais fossem os objetos, em 22 de outubro eles acionaram detectores de terremotos na Turquia e na Bolívia, que registraram uma explosão na Antártica com uma energia de milhares de toneladas de TNT. Apenas 26 segundos depois, o objeto deixou o fundo do oceano Índico, perto de Sri Lanka. Um mês depois, em 24 de novembro, um segundo evento foi detectado. Sensores na Austrália e na Bolívia registraram uma explosão ao largo das ilhas Pitcairn, no Pacífico Sul, e a saída do objeto na Antártida, dezenove segundos depois.

De acordo com os físicos, as duas explosões condizem com um impacto de *strangelets*, partículas bizarras que, teoricamente, foram criadas durante o Big Bang e continuam a ser criadas no interior de estrelas muito densas. Ao contrário da matéria comum, os *strangelets* contêm quarks “estranhos”, que costumam estar presentes apenas na chuva de partículas gerada em imensos aceleradores. A equipe que investigou os eventos de 1993 diz que dois *strangelets* com apenas um décimo da largura de um fio de cabelo humano seriam suficientes para explicar os fenômenos observados.

As colisões de prótons de alta energia no LHC podem criar novas combinações de quarks, as partículas de que são feitos os prótons. É possível que os quarks estranhos de que são formados os *strangelets* também sejam produzidos nessas colisões.

As consequências da criação de um miniburaco negro gerado em um acelerador de partículas como o LHC foram amplamente exploradas na literatura de ficção científica, pois é o único lugar onde os físicos podem exprimir seus temores em relação a um evento que, ao que sabemos, jamais ocorreu. Infelizmente, esses canais hollywoodianos para a descrição dos efeitos de um

miniburaco negro conflitam com a realidade do que sabemos sobre esses objetos, supondo que eles existam mesmo.

Objetivamente, eis a situação dos miniburacos negros como os entendemos hoje:

1. Para que tal objeto seja produzido, as dimensões extras já discutidas devem existir; além disso,

2. se o miniburaco negro não evaporar de imediato, como se espera (através da chamada "evaporação Hawking", uma previsão do famoso físico Stephen Hawking), então

3. a velocidade da maioria dos miniburacos negros será tão grande que escaparão permanentemente do campo gravitacional terrestre. No caso muito raro em que um desses objetos ultravelozes se choque com um próton ou um nêutron no interior da Terra, o momento do buraco negro quase não será alterado.

A conclusão é que os miniburacos negros não representam nenhum tipo de risco para a humanidade.

Voltando à questão da matéria escura, o efeito a curto prazo seria simplesmente estético. Nossas teorias do universo conhecido requerem muito mais matéria do que a que pode ser observada. A descoberta dessa matéria "que falta" tornaria nossas teorias mais satisfatórias e permitiria prever o destino final do universo com mais confiança. Ou a expansão atual continuará indefinidamente ou haverá, no futuro remoto, um Big Crunch, ou seja, uma contração do universo até se tornar um único ponto. Uma terceira possibilidade, considerada improvável, é um estado estacionário em que o universo está equilibrado de tal forma que não existe uma oscilação cósmica entre o Big Bang e o Big Crunch, mas apenas um Big Bocejo. A conclusão é que a matéria escura também não representa um risco imediato para a sobrevivência da humanidade.

É este o menu: miniburacos negros, *strangelets*, matéria escura, bóson de Higgs, dimensões ocultas. E essas são exatamente as coisas que os físicos sabem ou postulam que podem aparecer nos restos das colisões do LHC. A detecção de um ou outro desses objetos validaria um modelo específico da física das partículas, em detrimento de modelos rivais.

Não podemos, porém, descartar a possibilidade de que as colisões do LHC revelem algo totalmente inesperado — uma espécie de incógnita desconhecida! Se isso acontecer, o mundo inteiro pode desaparecer, e com ele o mundo da física e tudo mais. Ou talvez um evento extremo desse porte vire o mundo da física de ponta-cabeça, forçando-nos a repensar tudo que julgamos saber sobre o

comportamento do mundo material.

Na extremidade oposta desse espectro está a frustração total: não encontrarmos nada! Passarmos anos estudando os choques entre partículas sem descobrirmos nada que já não soubéssemos de antemão. Se isso ocorrer, provavelmente deveremos repensar também nossas teorias do universo. Assim, os dois extremos, algo totalmente novo ou simplesmente nada, podem acabar sendo a mais empolgante de todas as descobertas.

MEDO DA FÍSICA

NA EDIÇÃO DE MARÇO de 1999, a revista de ciência *Scientific American*, voltada para o grande público, publicou um artigo intitulado "A Little Big Bang" [Um pequeno Big Bang], que marcava o começo da segunda onda de temores de que a física fosse/pudesse destruir o planeta ou talvez o universo inteiro. Nesse artigo, o foco das atenções era o colisor relativístico de íons pesados (RHIC, *Relativistic Heavy Ion Collider*), do Brookhaven National Laboratory, situado em Long Island, Nova York, que poderia criar partículas estranhas de matéria capazes de explodir o planeta ou, talvez, sugar o universo inteiro para um buraco do qual jamais retornaria.

O RHIC consiste em dois tubos circulares de quase quatro quilômetros de comprimento. Os elétrons de átomos de ouro são arrancados e os íons de ouro assim criados são acelerados até chegarem a 99,9% da velocidade da luz. Quando esses íons colidem, é criada uma matéria incrivelmente densa, a uma temperatura dez mil vezes maior que a do centro do Sol. Essas são condições que não existem desde a criação do universo no Big Bang, o que aconteceu há doze bilhões de anos, quando todas as leis da física que conhecemos ainda não eram respeitadas. Assim, é natural imaginar quais poderiam ser os efeitos desse experimento. Na verdade, essa pergunta foi a razão original da construção do RHIC.

Após o artigo da *Scientific American*, cartas de leitores preocupados inundaram a redação da revista expressando o medo de que o colisor viesse a destruir o mundo. Uma carta típica tinha a assinatura do Sr. Walter Wagner, um ex-engenheiro de segurança nuclear que se tornou botânico no Havaí. Segundo ele, o físico inglês Stephen Hawking defendia a tese de que o universo havia começado a partir de um miniburaco negro criado momentos após o Big Bang. O homem queria ter "certeza" de que isso não ocorreria quando o RHIC fosse acionado. A revista publicou a carta, juntamente com uma resposta do físico Frank Wilczek, ganhador do Prêmio Nobel, que afirmou que os cientistas relutam em usar a palavra *impossível* (ou seja, "com certeza"), mas que a ideia de que um buraco negro gerado pelo RHIC pudesse engolir o planeta era uma "situação

incrível". Wilczek usou a palavra "incrível" no sentido literal: incrível = impossível de acreditar.

Sempre em busca de notícias sensacionalistas, os meios de comunicação não deixaram escapar essa oportunidade. Um repórter chamou o RHIC de máquina do apocalipse e disse que um físico lhe contara que sua construção tinha sido "o evento mais perigoso da história humana". Segundo outro relato, uma aluna de ensino fundamental em Manhattan mandou uma carta de protesto aos responsáveis pelo laboratório, dizendo que estava "literalmente chorando" enquanto escrevia. A máquina foi até acusada de criar um buraco negro e assim causar o desastre de avião, em 1999, no qual morreram o piloto, John F. Kennedy Jr., a esposa e a cunhada.

Essa preocupação do público com os efeitos colaterais de um acelerador de partículas havia começado alguns anos antes, quando Paul Dixon, um psicólogo da Universidade do Havaí, fez um protesto diante do Fermilab, perto de Chicago, por temer que o colisor Tevatron pudesse desencadear um colapso no vácuo quântico capaz de "explodir o universo inteiro, reduzindo-o a pó". (Pergunto-me se Dixon conhece Walter Wagner ou se há algo no ar do Havaí que gera esses tipos de protesto!)

O alvoroço em torno do RHIC amainou quando a máquina começou a funcionar, no verão de 2000, sem qualquer problema ou, pelo menos, sem nenhum problema que resultasse no desaparecimento de aviões ou que fizesse parte da Terra ser sugada por um aspirador de pó cósmico. Mas esse não foi o fim do medo que o grande público tinha dos físicos.

Em 1994, o Centro de Pesquisa Nuclear Europeu (CERN), perto de Genebra, na Suíça, começou a trabalhar num acelerador de partículas ainda mais potente, o LHC, já mencionado. Após várias falhas iniciais, a máquina entrou em atividade no final de 2009, embora só venha a funcionar com a máxima capacidade em 2014. Esse projeto foi a concretização de uma ideia que vinha sendo discutida no CERN desde o final dos anos 1980. Qual era essa ideia? Nada menos do que construir uma máquina do Big Bang, capaz de recriar aqueles momentos efêmeros, há quase catorze bilhões de anos, em que os fundamentos do universo foram assentados.

Os engenheiros do CERN sabiam que, para criar as energias necessárias para obter informações a respeito da partícula de Higgs, da matéria escura e de outros enigmas da física, teriam de construir uma máquina mais complexa que qualquer outra já criada por seres humanos. Naquela máquina, dois feixes de prótons seriam acelerados até 99,9999999% da velocidade da luz, em um ambiente mais frio que o espaço interestelar. Os feixes de prótons seriam então lançados um contra o outro, na esperança de que as partículas criadas nessas colisões fornecessem respostas às questões pendentes.

Uma parte difícil do projeto seria simplesmente observar as "respostas",

pois as partículas elementares criadas pelas colisões decairiam e desapareceriam em menos de um trilionésimo de segundo. Para detectar essas partículas fugazes, seria necessário um instrumento maior que um prédio de cinco andares, mas tão preciso que fosse capaz de determinar a posição de uma partícula com uma margem de erro de um vigésimo da largura de um cabelo humano!

Para projetar e construir uma máquina tão grande e complexa, foram necessários mais de dez mil cientistas e engenheiros, um investimento de mais de seis bilhões de euros e mais de catorze anos de trabalho.

Poucos meses antes da data marcada para a entrada em operação do LHC, o mesmo Walter Wagner que havia expressado sua preocupação com o RHIC entrou com uma ação na Corte Distrital do Havaí exigindo que o Departamento de Energia dos Estados Unidos, a National Science Foundation e o CERN postergassem os preparativos do LHC por vários meses para uma avaliação da segurança do colisor. A ação solicitava uma liminar que adiasse a entrada em operação do LHC até que o governo americano realizasse um estudo completo da segurança da máquina, incluindo uma nova análise de possível desfecho apocalíptico.

Mais especificamente, a ação judicial de Wagner mencionava as seguintes possibilidades:

Buracos negros descontrolados: Milhões de buracos negros microscópicos seriam criados, persistiriam e de algum modo se aglutinariam em uma massa gravitacional que consumiria outras formas de matéria e acabaria por engolir o planeta. A maioria dos físicos acredita que esses buracos negros, caso venham a ser criados, teriam uma energia minúscula e evaporariam rapidamente, sem oferecer qualquer perigo.

Strangelets: Atualmente, acredita-se que os prótons são feitos de partículas menores, denominadas “quarks”. Wagner e outros temem que as colisões de prótons de alta energia possam criar novas combinações de quarks, entre elas uma versão perigosa, um “*strangelet”* estável, de carga negativa, capaz de transformar todas as partículas que toca em *strangelets*. Isso lembra o gelo 9 do romance *Cama de gato*, de Kurt Vonnegut, que descrevi sucintamente na Parte I. Lembre-se de que Vonnegut imaginou uma forma estranha de matéria, o gelo 9, que ao cair nos oceanos logo transformou toda a água normal em uma forma cristalina sólida.

Monopolos magnéticos: Todos os objetos magnéticos que conhecemos possuem dois polos, um apontando para o norte, o outro para o sul. Foi aventada a hipótese de que colisões de alta energia, como as que acontecem no LHC, poderiam criar partículas com um único polo, norte ou sul. O medo é que tal partícula pudesse iniciar uma reação descontrolada que converteria

outras partículas para a forma de monopolos.

Colapso do vácuo quântico: A teoria quântica postula que o vácuo que existe entre as partículas está repleto de energia. Alguns acreditam que a concentração de muita energia em uma pequena região pode anular as forças que estabilizam a energia do vácuo quântico, permitindo que essa energia seja liberada. Os cálculos sugerem que, se isso vier a ocorrer, uma quantidade infinita de energia será liberada, criando uma explosão gigantesca que varrerá o universo à velocidade da luz. Os especuladores mais criativos chegam a aventar a hipótese de que algumas das gigantescas explosões observadas em outras partes da galáxia sejam o resultado de experimentos realizados por extraterrestres em que o vácuo quântico fugiu ao controle.

Quais são os argumentos apresentados pelo mundo da ciência contra essas teorias? Algumas podem ser plausíveis, ainda que pouco prováveis? Existe alguma possibilidade de que os seres humanos sejam punidos por sua curiosidade inata a respeito do universo? Vejamos alguns contra-argumentos da comunidade dos físicos a essas conjecturas tão imaginosas, se bem que extravagantes.

FICÇÕES "CIENTÍFICAS"

DE ACORDO COM A famosa equação de Einstein $E = mc^2$, se você conseguir concentrar massa suficiente em um espaço pequeno o bastante, produzirá um buraco negro, uma região do espaço com um campo gravitacional muito intenso da qual nada, nem mesmo a luz, pode escapar. Como no LHC os prótons estarão sofrendo colisões quase à velocidade da luz, e os prótons são feitos de partículas menores, não é de todo absurdo cogitar se alguns desses fragmentos não poderiam ser comprimidos em um espaço muito pequeno e gerar um buraco negro. Eis algumas razões pelas quais isso é extremamente improvável.

Outras dimensões: Aqueles que se preocupam com a criação de miniburacos negros pelo LHC supõem que a energia necessária é bem menor do que a calculada com base em estudos do mundo como o conhecemos. Assim, a possibilidade de que o LHC produza buracos negros está presente apenas em teorias que postulam a existência de "outras dimensões". Somente assim existiria "espaço" suficiente para interações capazes de gerar buracos negros a partir das energias com as quais os prótons colidem no LHC.

Basicamente, o problema é que, para produzir buracos negros, é preciso comprimir a matéria até que a atração gravitacional se torne extremamente intensa. Acontece que a gravidade é, de longe, a mais fraca das quatro forças conhecidas. Para contornar essa dificuldade, algumas teorias postulam a existência de outras dimensões espaciais acessíveis ao portador da força gravitacional, o gráviton, mas inacessíveis a outras partículas, como quarks, fótons e elétrons. Se essas outras dimensões de fato existissem, a gravidade poderia ser uma força muito mais intensa do que parece, pois os grávitons passariam boa parte do tempo nessas dimensões, raramente visitando nossa parte do universo. No momento, porém, não existe nenhuma prova da existência de outras dimensões além daquelas que já conhecemos.

Teoria e realidade: Estritamente falando, ninguém jamais observou um buraco negro; trata-se de um ente puramente teórico. Certos objetos investigados pelos astrônomos apresentam algumas das características atribuídas aos buracos negros; entretanto, existem muitos problemas associados à própria ideia de buraco negro, e não temos certeza de sua existência.

Um aspecto especialmente perturbador da ideia de buraco negro é que, de acordo com a teoria da relatividade geral, o tempo passa mais devagar quando um corpo se aproxima de um objeto de grande massa, como um buraco negro. Isso significa que o corpo levaria um tempo infinito para desaparecer no interior de um buraco negro, pelo menos do ponto de vista de um observador situado do lado de fora do chamado horizonte de eventos do buraco negro. Esse observador veria o corpo, uma bola de futebol, por exemplo, ser atraído em direção ao buraco negro até ficar "preso", como uma mosca em um papel mata-moscas, no horizonte de eventos. Se você fosse um *quarterback* do futebol americano correndo com a bola, atravessaria o horizonte de eventos sem perceber nada de estranho… até fazer meia-volta e tentar percorrer o caminho inverso. Aí você descobriria que a viagem não tem volta. Entretanto, um observador externo não enxergaria nada disso; apenas veria você ficar preso para sempre no horizonte de eventos.

Raios cósmicos: Em 1983, Sir Martin Rees, da Universidade de Cambridge, e Piet Hut, do Instituto de Estudos Avançados em Princeton, já haviam comentado que os raios cósmicos vêm sofrendo colisões há milhares de anos, algumas delas com energias milhões de vezes maiores que as produzidas pelo LHC. Mesmo assim, não foi criado nenhum buraco negro sugador de planetas e o universo continua a existir. Nas palavras do maior especialista do mundo em *strangelets*, Robert Jaffe, do MIT: "Se um acelerador de partículas pudesse criar esse objeto apocalíptico, um raio

cósmico o teria criado há muito tempo." E prossegue afirmando: "Acreditamos que existem 'experimentos' de raios cósmicos relevantes para cada perigo conhecido."

Tudo indica, portanto, que, enquanto não tivermos aceleradores mais poderosos que os raios cósmicos de maior energia, estaremos seguros.

SINTETIZANDO

OLHANDO PARA O MUNDO da física do ponto de vista de um físico de partículas elementares, na coluna de ativos dos experimentos em andamento em Genebra, Chicago e outros lugares, vemos a possibilidade de que um dos vários modelos que foram propostos para a estrutura do universo seja comprovado ou de que seja necessário rever por completo essa questão literalmente cósmica. Na coluna de passivos, que é a que recebe maior atenção por parte do resto do mundo, está a possibilidade extremamente remota, mas mesmo assim diferente de zero, de que a Terra seja destruída.

Qualquer uma dessas possibilidades é um evento X. Tanto a confirmação como a negação do modelo-padrão da física seria um evento extremo para a comunidade científica: algo raro, de grande impacto para esse grupo e sem dúvida surpreendente (sobretudo se o resultado final for a negação). A outra possibilidade, a destruição da Terra por um *strangelet*, é um evento X capaz de afetar uma comunidade social bem mais ampla, ou seja, o planeta inteiro (incluindo os físicos!), e seria também uma surpresa. Claro que existe um tom de ironia aqui; os dois eventos X não podem ser comparados, pois o segundo seria muito mais extremo que o primeiro. Mesmo assim, aconteça o que acontecer com esses experimentos, o resultado final será com certeza um evento X no sentido em que usamos a expressão neste livro.

A GRANDE EXPLOSÃO

A DESESTABILIZAÇÃO DO PANORAMA NUCLEAR

DE VOLTA À IDADE DA PEDRA

EM MEADOS DA DÉCADA de 1960, eu trabalhava como programador de computadores na RAND Corporation, em Santa Mônica, Califórnia, enquanto fazia o doutorado em matemática na Universidade do Sul da Califórnia. Na época, o auge da RAND como catalisadora de ideias para as forças armadas já havia passado e a organização estava no processo de se reinventar como uma espécie de pronto-socorro para órgãos do governo federal, estadual e municipal em busca de remédios intelectuais para as enfermidades políticas e sociais que afligiam seu público. Alguns grupos remanescentes dos "bons tempos", porém, permaneciam na organização, e um dia meu chefe me pediu para ajudar um daqueles "dinossauros" em um estudo da precisão de ataques com armas nucleares. No final, meu trabalho foi conceber soluções para a questão de como bombardear Moscou da maneira mais eficaz e levar a cidade à Idade da Pedra. Ironicamente, poucos anos depois, fui morar em Moscou, onde fiquei quase um ano em um intercâmbio entre a Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos e a Academia Soviética de Ciências. Assim, tive oportunidade de visitar lugares que só tinha visto nos mapas como alvos estratégicos de alta prioridade para incineração instantânea.

Gostaria de fazer um pequeno resumo da mentalidade de Guerra Fria que existia na RAND e no Departamento de Defesa americano naquela ocasião e de como evoluiu para algo muito diferente, de certa forma muito mais perigoso, no tocante ao uso de armas nucleares. Na década de 1960, vivíamos em um mundo bipolar, pelo menos no que dizia respeito à possibilidade de vaporização instantânea em um holocausto nuclear. Os EUA e a URSS eram os únicos atores em cena, com o Reino Unido, a França e a China espiando de longe, mas sem condições de tomar decisões unilaterais em relação ao uso de seus arsenais nucleares, bem menores. Hoje, porém, oito países já detonaram artefatos

nucleares, outros três conduziram testes, e estima-se que de três a sete possuam bombas atômicas ou já as possuíram e parecem ter desistido delas após a dissolução da União Soviética. Isso sem falar dos boatos a respeito de grupos terroristas que compraram uma ou mais bombas de fontes desconhecidas. Ou seja, a questão de quem possui e quem não possui armas nucleares está se tornando cada vez mais difícil de responder. Do ponto de vista de um especialista em teoria dos jogos, para não falar de um estrategista militar ou de um consultor de segurança nacional, a situação hoje em dia é muito mais complexa do que no mundo com o qual eu lidava na RAND na década de 1960.

O panorama nuclear no mundo de hoje é um caso clássico de sobrecarga de complexidade em ação. Além de ser difícil definir o número de países participantes, o cenário inclui de tudo: bombas "perdidas" da antiga União Soviética; cientistas insatisfeitos que passaram para o "lado negro"; tentativas constantes dos hackers de invadir sistemas de controle de armas; principiantes, como grupos terroristas e países fora da lei, interessados em adquirir bombas atômicas no mercado negro. Acrescente a isso ogivas antigas e possivelmente instáveis mesmo nos arsenais nucleares oficiais e o resultado é uma mistura perigosa que pode resultar quase a qualquer momento na detonação de armas nucleares como fogos de artifício em várias partes do mundo. A verdade é que o cenário nuclear atual é um exemplo típico de como o excesso de complexidade pode desestabilizar a estrutura global de poder — da noite para o dia.

Um bom período para começar essa história é 1960, ano de publicação do polêmico livro *On Thermonuclear War* [Sobre a guerra termonuclear], escrito por Herman Kahn, um físico da RAND. O livro apresentava uma visão objetiva e imparcial das possibilidades e consequências de uma guerra nuclear entre os Estados Unidos e a União Soviética. Na época, os dois países contavam com cerca de trinta mil ogivas nucleares cada um, muito mais que o necessário para se destruírem mutuamente. A título de comparação, hoje cada país possui "somente" alguns milhares de ogivas. Entretanto, a complexidade do "jogo nuclear" mundial compensou com folga essa diminuição do poder de fogo. Voltando ao livro de Kahn, ele contém descrições de vários tipos de ataques, com o número provável de mortes diretas ou indiretas por efeito da radiação, os danos materiais e coisas do gênero. Quase imediatamente após a publicação, o livro foi criticado por membros liberais do congresso americano pela maneira fria e prosaica de abordar um assunto com uma carga emocional tão grande na época, ou seja, a morte instantânea de dezenas de milhões de pessoas. A publicidade em torno do livro e do autor levou o cineasta Stanley Kubrick a se inspirar em Kahn para criar o Dr. Fantástico, personagem do filme de mesmo nome, lançado em 1964.

Durante a primeira metade da década de 1960, as questões levantadas no livro de Kahn sobre como obter uma vantagem estratégica em um conflito com

dois participantes serviram de base para um extenso trabalho matemático na RAND no campo da teoria dos jogos de estratégia, área de estudos criada em 1947 pelo matemático John von Neumann e pelo economista Oskar Morgenstern no contexto da competição econômica. A tensão estratégica entre os Estados Unidos e a União Soviética era um terreno particularmente fértil para o desenvolvimento da “teoria dos jogos”, pois envolvia apenas dois participantes que supostamente agiam de maneira racional na escolha de suas ações em cada etapa. Além disso, não era absurdo presumir que as interações entre os jogadores eram de “soma zero”, ou seja, que o ganho de um era igual à perda do outro. Esses jogos de soma zero entre dois oponentes racionais são, na verdade, o único tipo para o qual existe uma teoria matemática totalmente satisfatória, que permite calcular as melhores estratégias para os envolvidos. Assim, mesmo que as tensões da Guerra Fria não correspondessem perfeitamente a esse modelo, era possível utilizar a teoria dos jogos para chegar a uma série de conclusões que ao menos pareciam razoáveis.

Após muitos anos de estudos, debates, discussões e negociações políticas e militares, a principal estratégia que surgiu para os dois países foi um conceito hoje bastante conhecido chamado MAD, acrônimo de *mutual assured destruction* (destruição mútua assegurada). O MAD começou com o reconhecimento de que cada lado havia acumulado um arsenal nuclear (e métodos para seu emprego) capaz de assegurar a destruição completa do outro lado. Portanto, mesmo que eu seja atacado com força total pelo meu adversário, serei capaz de destruí-lo totalmente em um contra-ataque. É claro que para que esse contra-ataque seja efetivo, uma parte ainda letal dos meus armamentos deve ser capaz de resistir à primeira onda de bombardeios. Essa premissa levou aos três pilares do sistema de ataque nuclear dos Estados Unidos — terra, céu e mar —, formado por silos subterrâneos, submarinos nucleares e aviões equipados com bombas atômicas mantidos no ar horas por dia. Até onde se sabe, essa estratégia é empregada até hoje, embora a confiabilidade do MAD esteja bastante comprometida, justamente porque hoje existem jogadores demais em cena (excesso de complexidade). Falarei mais a respeito das razões para que isso tenha acontecido no final do capítulo. Vale a pena ressaltar que, mesmo com somente dois jogadores, a estratégia MAD é efetiva apenas contra um ataque *deliberado* do adversário.

Infelizmente, um ataque premeditado é apenas uma das razões pelas quais uma arma nuclear pode vir a ser detonada. Existem muitas outras. Fred Ikle, da RAND, afirmou em 1958 que era muito mais provável que o próximo cogumelo nuclear fosse resultado de um simples acidente ou erro de cálculo do que de um ataque proposital. Existem muitos casos de acidentes envolvendo armas nucleares que poderiam facilmente ter confirmado essa possibilidade. Apenas a título de ilustração, aqui vão dois exemplos concretos.

No dia 17 de janeiro de 1966, ocorreu uma colisão entre um bombardeiro nuclear B-52 americano e um avião-tanque KC-135 quando o bombardeiro estava sendo reabastecido sobre o vilarejo de Palomares, no sul da Espanha. O avião-tanque explodiu, fazendo com que o B-52 se partisse e espalhasse destroços em uma área de mais de 250 quilômetros quadrados. Uma das quatro bombas nucleares que o B-52 transportava chegou ao solo mais ou menos intacta, mas os acionadores de duas outras bombas explodiram com a queda, espalhando destroços radioativos pelo povoado e cercanias. A quarta bomba caiu no mar e foi recuperada por mergulhadores três meses após o acidente. Para não falar apenas dos americanos, segue uma história parecida do lado russo.

Uma prática naval comum na época da Guerra Fria era que submarinos de propulsão (e armamento!) nuclear espreitassem as frotas inimigas. Durante um desses perigosos "encontros íntimos" militares, o porta-aviões americano *Kitty Hawk* se chocou com um submarino de ataque soviético da classe Victor no dia 21 de março de 1984, no mar do Japão. O *Kitty Hawk* supostamente estava equipado com dezenas de armas nucleares, e acredita-se que o submarino soviético possuísse dois torpedos nucleares. Felizmente, nenhuma dessas armas foi danificada nem perdida na colisão.

Esses são apenas dois exemplos (entre muitos) para mostrar como é fácil que um simples acidente ou erro de cálculo deflagre um sério incidente nuclear. Casos como esses mostram que os reguladores nucleares dos EUA e da URSS (o governo e as forças armadas) não estavam conseguindo acompanhar a crescente complexidade dos sistemas de armas nucleares em terra, céu e mar. A complexidade dos sistemas crescia muito mais depressa que as medidas de segurança, criando lacunas que felizmente resultaram apenas em acidentes relativamente inócuos como os que acabamos de descrever, em vez de um grande desastre. Na verdade, entre 1950 e 1993, a Marinha dos Estados Unidos teve pelo menos 380(!) acidentes com armamentos. Nesse período, acidentes levaram à perda de 51 ogivas nucleares (44 soviéticas e sete americanas), além de sete reatores nucleares de submarinos (cinco soviéticos e dois americanos). Outros dezenove reatores de submarinos descomissionados foram simplesmente jogados no mar (dezoito soviéticos e um americano).

Esses números representam apenas o que se sabe a respeito de acidentes americanos e soviéticos até o fim da Guerra Fria. Devido à natureza delicada do assunto, não é improvável que boa parte tenha sido mantida em sigilo por ambos os lados. Não é difícil imaginar, tampouco, que outras potências nucleares tenham sofrido acidentes semelhantes, com perda de armas e reatores. Evidentemente, há uma grande diferença entre um acidente, mesmo um acidente que espalhe radioatividade em uma grande área, e uma explosão deliberada. As armas nucleares possuem diversos mecanismos de segurança para evitar detonações acidentais. Até hoje, esses mecanismos têm funcionado;

entretanto, mesmo sem uma explosão, os custos financeiros, de segurança, de saúde e ambientais dos arsenais nucleares são enormes.

INVERNO NUCLEAR

A *AMBIO* É UMA revista ambiental de grande prestígio publicada pela Real Academia Sueca de Ciências. Por volta de 1980, os editores encomendaram ao cientista holandês Paul Crutzen e seu colega americano John Birks um artigo sobre os efeitos atmosféricos de uma guerra nuclear. Inicialmente, Crutzen e Birks pretendiam investigar apenas o aumento da radiação ultravioleta na superfície terrestre em consequência de uma guerra nuclear. No entanto, num desses golpes de sorte inesperados que costumam ocorrer inexplicavelmente na história dos grandes avanços da ciência, eles decidiram incluir no estudo a fumaça produzida por incêndios. Com base em cálculos preliminares, Crutzen e Birks chegaram à conclusão de que uma guerra nuclear de grandes proporções produziria uma quantidade de fumaça suficiente para bloquear a luz do sol em metade do planeta por semanas a fio. A publicação do artigo no número da *Ambio* de novembro de 1982 estimulou muitos outros pesquisadores a investigar a relação entre o fogo e a fumaça produzidos por explosões nucleares e o enfraquecimento da luz solar, levando a uma conferência a respeito do assunto, no final de 1983, que despertou o interesse do público e dos cientistas pelo problema do "inverno nuclear".

Estudos subsequentes revelaram que as principais consequências ambientais de uma guerra nuclear provavelmente são: (1) fumaça na troposfera, (2) poeira na estratosfera, (3) precipitação radioativa e (4) destruição parcial da camada de ozônio. Essa lista, a propósito, mostra por que não foram observados efeitos climáticos durante o período de testes atmosféricos de armas nucleares que precedeu o Tratado de Interdição Parcial de Ensaios Nucleares de 1963. Os testes foram conduzidos em cerrados, atóis, tundras e desertos, onde não havia fogo e, portanto, sem fumaça.

Analisemos os componentes desse quadro sombrio de forma mais detalhada.

1. As explosões nucleares lançam imediatamente poeira, radioatividade e gases na atmosfera. Com a poeira arrancada da superfície seria possível construir uma represa de 450 metros de altura e 25 metros de espessura no canal da Mancha.

2. As explosões iniciam incêndios, queimando cidades, florestas, combustíveis e pastagens dos países em conflito.

3. Devido aos incêndios, nuvens de fumaça e gases sobem para o alto da troposfera. Em questão de semanas, os ventos espalham parte da poeira, da radioatividade e da fumaça por todo o planeta.

4. Ao mesmo tempo, nuvens de fumaça envolvem a Terra em regiões de latitude média, do Texas à Noruega. A poeira leva um tempo que pode variar de semanas a alguns meses para se precipitar.

5. Por causa das nuvens de fumaça e poeira, a Terra passa vários dias na escuridão e várias semanas na penumbra.

6. As nuvens de fumaça e poeira fazem cair a temperatura na superfície terrestre. Se a guerra nuclear acontece na primavera ou no verão, a queda de temperatura é comparável à diferença entre verão e inverno (daí o nome “inverno nuclear”). As temperaturas médias levam mais de um ano para voltar ao normal e o clima é afetado por um período muito mais longo.

7. Quando a poeira e a fumaça baixam, a superfície da Terra é exposta a uma forte radiação ultravioleta, resultante da destruição parcial da camada de ozônio.

ESSAS SÃO AS PRINCIPAIS etapas no caminho do inverno nuclear. Será que essa queda acentuada de temperatura por um tempo tão longo pode realmente acontecer? Ou será que essas histórias assustadoras foram criadas apenas para chamar a atenção da mídia para um aspecto até então ignorado dos horrores de uma guerra nuclear?

Após a publicação do estudo de Crutzen e Birks, Carl Sagan e dois de seus ex-alunos, James B. Pollack e O. Brian Toon, do Ames Research Center da NASA, juntamente com Richard Turco e Thomas Ackerman, realizaram um extenso trabalho de cálculo para verificar se as estimativas apresentadas no artigo da *Ambio* estavam corretas. O grupo de Sagan já estava ciente das possibilidades de grandes distúrbios climáticos causados pela presença de poeira na atmosfera por haver trabalhado no projeto da sonda espacial *Mariner 9*, lançada em 1971 em direção a Marte. Quando a sonda chegou ao planeta, encontrou uma enorme tempestade de poeira. Enquanto esperava a tempestade amainar, Sagan notou que os instrumentos na sonda registravam temperaturas na atmosfera bem maiores que o normal e temperaturas na superfície muito menores que o normal. Mais tarde, Sagan e seu grupo começaram a aplicar algumas das técnicas que haviam usado para analisar os dados da tempestade de poeira de Marte a um fenômeno semelhante produzido por erupções vulcânicas na Terra. Assim, quando o artigo de Crutzen e Birks foi publicado, a equipe da NASA estava em condições de fazer uma análise quantitativa detalhada da

situação.

Usando seu próprio modelo, o grupo de Sagan produziu um documento sobre o inverno nuclear que se tornaria famoso… e não só pelo aspecto científico. O artigo, que ganhou o apelido de "TTAPS" (as iniciais dos sobrenomes dos cinco autores), foi publicado na revista *Science*, um dos mais prestigiados periódicos científicos do mundo, pouco antes do Natal de 1983. Antes que a revista chegasse às bibliotecas, para aumentar a repercussão das conclusões de seu trabalho, Sagan concedeu uma entrevista coletiva em 31 de outubro, o Dia das Bruxas, na qual anunciou as conclusões assustadoras a que seu grupo havia chegado. Houve rumores na comunidade climatológica de que Sagan escolhera essa forma teatral de chamar atenção para o inverno nuclear com o objetivo de reforçar sua candidatura ao Prêmio Nobel da Paz. Ora, por que não? Afinal, o diálogo entre os mundos ocidental e oriental sobre questões científicas e políticas relacionadas ao inverno nuclear, provocado pelas conclusões do artigo, certamente merece algum tipo de reconhecimento.

O grupo TTAPS concluiu que uma guerra nuclear de grandes proporções no hemisfério Norte provocaria uma queda imediata de temperatura de mais de 20°C e que as temperaturas levariam mais de um ano para voltar ao normal. À guisa de comparação, uma queda na temperatura média de apenas 1°C, a longo prazo, acabaria com todas as plantações de trigo do Canadá, e uma queda de 10°C produziria uma nova era glacial. Entretanto, o modelo TTAPS tinha suas falhas. Uma delas era supor que as partículas de poeira e fumaça se moviam verticalmente, mas não se dispersavam na horizontal. Era como se a atmosfera ficasse parada o tempo todo, apenas irradiando energia para cima e para baixo. Em outras palavras, o modelo não levava em conta a transferência de energia de um lugar para outro da superfície terrestre ou da atmosfera.

Nos anos que se seguiram ao estudo pioneiro do grupo TTAPS, vários pesquisadores aperfeiçoaram a análise dos efeitos de explosões nucleares, utilizando modelos tridimensionais de circulação global como os que são usados pelos meteorologistas nas previsões de tempo. Um dos mais atuantes foi o falecido climatologista Stephen H. Schneider, da Universidade de Stanford. Quando trabalhava no Centro Nacional para Pesquisas Atmosféricas (NCAR, de *National Center for Atmospheric Research*), em Boulder, Colorado, Schneider publicou, em 1988, uma análise crítica das previsões dos modelos de inverno nuclear.

Schneider e seus colaboradores concluíram que os efeitos climáticos seriam bem menos graves que os anunciados no artigo do grupo TTAPS. Apresso-me a observar que isso não significa que não haja um problema; muito pelo contrário. No entanto, a previsão de uma queda de temperatura no verão de 3°C a 8°C seria mais como a diferença entre verão e outono do que entre verão e inverno. A conclusão levou Schneider, um dos ganhadores do Prêmio Nobel da Paz em 2007

pela participação no Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change), a mudar o nome para "outono nuclear", concluindo que "é pouco provável que os efeitos climáticos de uma guerra nuclear sejam mais devastadores para as nações combatentes que os efeitos diretos do uso de milhares de armas nucleares". O informe, contudo, ressalta que a avaliação depende de hipóteses antropológicas em relação ao que constitui um cenário plausível para ataques nucleares. Estudos mais recentes, realizados por alguns dos pesquisadores originais do grupo TTAPS em 2007, contradizem esse quadro cor-de-rosa, mostrando que até um pequeno embate nuclear faria o planeta mergulhar em temperaturas mais baixas que as da Pequena Era Glacial (1600-1850), com efeitos que perdurariam por mais de uma década. Ou seja, a ameaça parece bastante real… e bem imediata.

Antes de entrar em detalhes a respeito dos horrores de uma guerra nuclear regional ou global, vou preparar o terreno analisando primeiro um tipo de cenário muito mais próximo do que poderíamos esperar de um ataque terrorista como o de 11 de setembro, envolvendo apenas uma bomba "pequena", de 150 quilotons — cerca de dez vezes maior que "Little Boy", que arrasou Hiroshima em 1945. Esse é o tipo de situação que mais preocupa os especialistas em terrorismo, pois muitas armas nucleares aproximadamente desse tamanho desapareceram do arsenal da ex-União Soviética após a queda do regime comunista. Não se sabe quantas outras armas estão circulando no submundo do movimento terrorista global, provenientes dos arsenais de potências nucleares não declaradas, como Israel e a África do Sul, sem falar de áreas instáveis como o Paquistão. Não é preciso um grande esforço para imaginar que algumas delas podem aparecer… ou explodir. Para tornar esse quadro o mais realista possível, usarei o alvo preferido dos ataques terroristas, a ilha de Manhattan, como cenário para esta simulação envolvendo uma explosão de 150 quilotons no nível do mar, causada por uma "pequena" arma nuclear, como comentei anteriormente.

11 DE SETEMBRO REVISITADO

É UM DIA CLARO de primavera em Manhattan, com uma leve brisa soprando para leste. As pessoas estão na rua, aproveitando o sol e o tempo bom. Como sempre, um grupo de turistas se reúne em frente ao elevador do Empire State Building, esperando para subir à torre de observação e ver o panorama da cidade nesse dia perfeito. Ninguém repara no caminhão de entregas estacionado na rua 34, perto da fila de turistas. Ao meio-dia, uma luz ofuscante irrompe do caminhão; menos de um segundo depois, o centro de Manhattan simplesmente desaparece do mapa. Até os edifícios mais reforçados, feitos de aço e concreto, em um raio de um quilômetro de distância do Empire State, são totalmente

destruídos. Cartões postais da cidade, como o Madison Square Garden, a Penn Station e a Biblioteca Pública de Nova York, desaparecem como por um passe de magia negra.

A onda de choque produzida pela explosão, além de destruir os edifícios, mata instantaneamente 75 mil pessoas que se encontravam no quarteirão do Empire State. Quem estava no raio do local da explosão foi totalmente desintegrado; não sobrou nada — nem corpo, nem cinzas. Quem estava nos edifícios morreu pouco tempo depois, soterrado.

Passados quinze segundos, a área atingida pela explosão estende-se por seis quilômetros com uma sobrepressão de um psi (uma libra por polegada quadrada) na periferia. Nos limites dessa região, uma área delimitada pela Estátua da Liberdade ao sul, o Queens a leste, o Harlem ao norte e a outra margem do rio Hudson, até Nova Jersey, a oeste, os danos são menores; construções de tijolos e madeira ficam parcialmente destruídas, enquanto os edifícios de aço e concreto sofrem poucos danos.

Felizmente, boa parte dessa zona de destruição está sobre a água, o que reduz o número de vítimas. Na periferia da zona atingida, registram-se apenas algumas mortes e cerca de trinta mil pessoas sofrem queimaduras graves. Entretanto, o clarão provoca cegueira em todos os que estavam a menos de trinta quilômetros do lugar onde a bomba explodiu e que olhavam naquela direção. Como a detonação aconteceu no solo, o número de casos de cegueira é bem menor do que se a explosão tivesse acontecido a algumas centenas de metros de altura.

Ainda não nos referimos à precipitação radioativa. Ela é muito maior em uma explosão no solo do que no caso de uma explosão na atmosfera. Os detritos radioativos retornam lentamente à Terra, formando uma zona elíptica de contaminação, concentrada na parte leste de Manhattan e na parte oeste do Queens e do Brooklin, onde, em um mês, 10% a 35% da população morre por exposição à radioatividade.

Resumindo, a explosão de 150 quilotons destruiria uma área de cinquenta quilômetros quadrados, matando mais de oitocentas mil pessoas, ferindo outras novecentas mil e causando danos resultantes dos incêndios provocados pela destruição de tubulações de gás, detritos em chamas e gasolina vazando dos veículos destroçados (embora os danos causados pelo fogo em uma área urbana não sejam tão grandes quanto se a explosão fosse em uma área rural). Podemos concluir que a cidade de Nova York jamais recuperaria a posição atual de importante centro financeiro, cultural e comercial do mundo.

Com essa história arrepiante como pano de fundo, cabe a pergunta: quais são as possíveis consequências de uma guerra nuclear regional ou global? Vejamos alguns “mundos alternativos” para ter uma ideia das possibilidades.

ENQUANTO ISSO, DE VOLTA AO SÉCULO XXI

ENQUANTO ESCREVO ESTAS LINHAS, a imprensa internacional noticia que comandantes militares israelenses ameaçam atacar as instalações de processamento de combustível nuclear do Irã. Essa situação específica, no momento, parece ser a forma mais provável de deflagrar uma guerra nuclear de alcance limitado. Mas, conforme veremos a seguir, a ideia de "limites", em se tratando de uma guerra nuclear, beira o paradoxal. Na estrutura geopolítica altamente conectada de hoje, uma guerra limitada com toda a certeza acabaria se transformando em algo bem mais global do que os líderes políticos gostariam de admitir. Eis um pequeno esboço de como essa escalada poderia acontecer.

- Aumenta a beligerância do Irã contra Israel. Os israelenses lançam um ataque aéreo às usinas de enriquecimento de urânio do Irã com armas convencionais.
- O Irã contra-ataca com foguetes equipados com explosivos convencionais, além de ogivas químicas, biológicas e radiológicas.
- Israel responde com ataques nucleares contra o Irã e, a título de prevenção, contra o Paquistão.
- Indignado, o Paquistão retalia com um ataque nuclear a Israel e, a título de prevenção, à Índia (aliado de Israel), que responde na mesma moeda.
- Israel ataca as capitais de países árabes e muçulmanos e regiões "antissemitas" da Europa e da Rússia.
- Os comandantes regionais da Rússia lançam um ataque nuclear contra Israel, Estados Unidos e os aliados europeus dos americanos. A Rússia também ataca a China, como medida preventiva.
- Os Estados Unidos atacam a Rússia e, a título de prevenção, as instalações nucleares chinesas.
- A China usa as armas nucleares que restaram contra a Rússia, os Estados Unidos e a Índia, que lançam um contra-ataque em massa.

Este cenário, embora um tanto fantasioso, não é uma "ficção apocalíptica". Aliás, quem acha o roteiro acima "exagerado" deve examinar a sequência de acontecimentos que culminou na Primeira Guerra Mundial para melhorar sua falta de visão e se curar de uma imaginação preguiçosa. Isso não quer dizer que o que acabei de descrever seja provável. Na verdade, se acontecer algo do gênero, os detalhes certamente serão diferentes. Mas apenas os detalhes. O resultado final provavelmente será o mesmo: um evento local transformando-se em uma guerra nuclear de grandes proporções entre muitas ou todas as potências

nucleares, conhecidas ou não.

O cenário anterior mostra o efeito borboleta em ação: um ataque aparentemente localizado de Israel às instalações nucleares do Irã, com armas convencionais, rapidamente se transforma em uma guerra nuclear global. Em suma, uma pequena borboleta batendo as asas em Jerusalém provoca uma tempestade de fogo mundial.

Na seção de Notas e Referências deste livro, o leitor encontrará vários artigos e livros que se referem a situações desse tipo, que acabam gerando guerras nucleares generalizadas. Todas começam com um conflito local (Índia-Paquistão, China-Taiwan, Coreia do Norte-Coreia do Sul, Israel-Líbano/Síria, terroristas desconhecidos de qualquer nacionalidade) que rapidamente foge ao controle, passa a envolver muitas potências nucleares e acaba se tornando um holocausto nuclear. Vale a pena considerar essas situações no contexto das quatro formas principais de deflagração.

Agressiva: Uma ou mais nações decidem usar armas nucleares contra nações não nucleares a fim de atingir uma meta econômica, política ou militar. Isso pode ocorrer como parte de uma guerra já em andamento ou como um ataque surpresa. (O país, naturalmente, pode alegar que o ataque foi uma medida de prevenção, uma retaliação ou até mesmo um acidente.)

Acidental: Como os Estados Unidos e a Rússia dispõem de um “sistema de retaliação” capaz de lançar foguetes antes que um ataque nuclear seja concretizado, qualquer tensão entre as duas potências pode levar a uma guerra nuclear de grandes proporções menos de meia hora após um sinal de alerta, mesmo que o sinal de alerta seja falso.

Preventiva: Uma ou mais nações acreditam (com ou sem razão) ou dizem acreditar que outra nação está desenvolvendo armamentos nucleares, ou, no caso de uma potência nuclear, que está planejando utilizar armas nucleares contra alvos militares, industriais ou civis, e decidem executar um ataque preventivo. Essa postura pode ser resultado de uma decisão política ou militar de forçar uma guerra.

Retaliatória: Uma nação ou grupo de países usa armas nucleares em resposta a um ataque nuclear — ou mesmo como reação a um ataque convencional com armas explosivas, químicas ou biológicas por parte de uma nação que não dispõe de armas atômicas.

Examinando essa lista de possibilidades, fico impressionado ao constatar que é muito semelhante a uma lista que eu poderia ter feito na década de 1960, quando trabalhava na RAND. Entretanto, existem também grandes diferenças entre os dias mais tranquilos daquela época e os atuais. Apresento a seguir

algumas das diferenças que tornam o mundo de hoje muito mais complexo e perigoso do que naqueles tempos felizes de meio século atrás.

Ataques regionais: Muitas das hipóteses plausíveis nos dias de hoje envolvem disputas regionais que acabam fazendo com que as maiores potências do mundo entrem em guerra. O caso Israel-Irã descrito anteriormente é um exemplo perfeito, mas existem muitos outros, como Índia-Paquistão e Coreia do Norte-Coreia do Sul, para mencionar apenas dois. É difícil imaginar um conflito regional análogo na época da Guerra Fria, com exceção da crise dos mísseis de Cuba, capaz de culminar em uma guerra termonuclear mundial.

Acidentes: Já observei que os acidentes foram responsáveis por grande parte dos sustos relacionados a armas nucleares desde seus primórdios. Porém, com o colapso da União Soviética e com um número cada vez maior de usinas nucleares sujeitas a defeitos de toda ordem, os acidentes são, atualmente, um dos maiores perigos associados à radioatividade.

Terrorismo: A simples menção do termo "terrorista" na década de 1960 seria recebida com olhares de perplexidade. Hoje, não é mais assim. As inúmeras facções terroristas em operação no mundo inteiro, cada uma com seus próprios interesses, somadas às armas nucleares desaparecidas da ex-União Soviética e de outros lugares, deram lugar a situações de perigo totalmente novas, inexistentes na época da Guerra Fria. Isso sem falar na ideia de um "estado fora da lei", como a Coreia do Norte, com poderio nuclear. Como já expliquei, uma pequena detonação nuclear seria suficiente para deixar uma grande cidade em ruínas — e provavelmente desencadear uma guerra nuclear generalizada em resposta.

Ataques "III": A superabundância de materiais radioativos produzidos em reatores nucleares aumenta em muito as possibilidades de envenenar uma população pelos chamados ataques de Imersão, Ingestão e Inalação. A morte do ex-espião da KGB Alexander Litvinenko, que bebeu polônio 210 misturado com chá em um hotel londrino em 2007, é um bom exemplo desse tipo de ataque. De novo, muito pouca atenção era dada a esse tipo de catástrofe — acidental ou proposital — na época da Guerra Fria.

À primeira vista, uma forma de evitar um ataque nuclear seria tomar medidas para proteger a população, melhorar a pontaria para atingir os mísseis inimigos ainda no ar etc. Paradoxalmente, porém, a maioria desses procedimentos, embora destinados a evitar um ataque nuclear, faz com que um ataque se torne mais provável. Iniciativas desse tipo podem ser vistas como ações que aumentam o problema da complexidade em vez de reduzi-lo. Antes de

encerrar este capítulo, discutirei rapidamente algumas ideias propostas e por que elas acabam encorajando um ataque, em vez de preveni-lo.

Abrigos: Em minha adolescência, na costa oeste dos Estados Unidos na década de 1950, lembro-me de histórias de pessoas que construíram abrigos subterrâneos no quintal de casa para proteger a família no caso de um ataque surpresa por parte da União Soviética. Alguns desses abrigos privados ainda existem hoje em dia, mas estão sendo usados, em geral, como adegas ou depósitos. Na época, porém, havia muita discussão sobre a possibilidade de o governo construir grandes abrigos capazes de receber centenas ou milhares de pessoas. Em princípio, parece uma boa ideia, mas se pensarmos bem, chegaremos à conclusão de que não é. Vejamos por quê.

Primeiro, a própria existência de abrigos desse tipo poderia levar os líderes de um país a realizar um ataque surpresa contra outro país, já que seus cidadãos estariam protegidos contra a retaliação. Aliás, os abrigos, por sua própria natureza, iriam contra o espírito da "destruição mútua assegurada" da estratégia MAD. Da mesma forma, os líderes de um país inimigo sem abrigos poderiam se ver tentados a tomar a iniciativa de um ataque, se achassem que estavam prestes a ser atacados. De qualquer forma, o clima psicológico muda para pior se um lado construir abrigos e o outro não. Argumentos semelhantes aplicam-se a qualquer tipo de sistema de defesa apoiado em satélites, como a Iniciativa Estratégica de Defesa proposta pelo presidente americano Ronald Reagan na década de 1980. Evidentemente, se todas as partes construírem abrigos ou instalarem sistemas de defesa, ninguém ganhará nada e tudo voltará a ser como antes. Em termos de complexidade, entretanto, o que acontece é que o lado que constrói abrigos está aumentando a complexidade, enquanto a complexidade do outro lado permanece a mesma. Ou seja, a construção dos abrigos aumenta a complexidade total, fazendo com que a situação se torne mais perigosa que antes da construção dos abrigos.

Guerra limitada: O conceito de guerra limitada, de destruição dentro de uma área geográfica específica, é bastante sedutor. A questão do chamado ataque "cirúrgico" capaz de destruir o centro de comando adversário ou sua unidade de produção de armas, deixando todo o resto intacto, é muito discutida. Mas o cenário descrito algumas páginas atrás envolvia exatamente um ataque desses, de Israel às instalações nucleares do Irã. Como vimos, esse tipo de ataque pode, de uma hora para outra, virar uma guerra ilimitada em vez de "limitada". Estrategistas nucleares e políticos responsáveis pela defesa foram consultados sobre o que seria necessário para evitar que uma guerra limitada se transformasse em um conflito generalizado. A resposta

franca que eles dão, já fora do alcance dos microfones, costuma ser: “Não faço a menor ideia!” Portanto, é um grande risco falar de uma guerra limitada supondo que ela pode ser realmente contida, sem se transformar em uma guerra nuclear global.

Mísseis precisos: Muito próximo à ideia de uma guerra limitada está o conceito de que, se tivéssemos mísseis suficientemente precisos para destruir mísseis em seus silos subterrâneos em vez de matar civis em suas camas, a guerra limitada seria possível. O aperfeiçoamento de mísseis desse tipo leva à ideia de lançar um ataque surpresa em uma guerra nuclear “de resultados garantidos”. O argumento por trás disso é que, ao decapitar o inimigo cirurgicamente, sua capacidade de retaliação ficaria tão prejudicada que o contra-ataque causaria a morte de “apenas” alguns milhões de pessoas.

Desarmamento parcial: Algumas pessoas acreditam que limitar o número de armas ajuda a reduzir a probabilidade de um ataque, argumentando que menos armas significam menos perigo. Afinal, cada ogiva desativada representa um míssil a menos a ser lançado. Na verdade, o argumento pode ser usado no sentido inverso, já que limitar o arsenal nuclear de um país faz com que outros países se vejam mais tentados a desfechar um ataque surpresa. A ideia é que, se um ataque surpresa destruir cerca de 90% do arsenal adversário, restarão poucos armamentos para um contra-ataque. O jogo, portanto, favorece quem agir primeiro. Se, por outro lado, a nação atacada dispuser de um arsenal muito grande, mesmo os 10% restantes serão suficientes para uma retaliação efetiva.

SINTETIZANDO

GRAÇAS À COMBINAÇÃO DE fatores como a existência de um número cada vez maior de conflitos regionais envolvendo potências nucleares, a grande possibilidade de acidentes com muitos países possuindo ou investindo em armamentos e o constante perigo de que um ou mais grupos terroristas consigam pôr as mãos em artefatos “desaparecidos”, a probabilidade de um incidente nuclear no futuro próximo é bastante alta. Na realidade, a verdadeira surpresa é que isso não tenha acontecido ainda, o que nos leva à triste mas inevitável conclusão de que uma guerra nuclear de grandes proporções continua a ser um dos maiores perigos para a humanidade.

ESGOTAMENTO

O FIM DO SUPRIMENTO GLOBAL DE PETRÓLEO

UM APERITIVO INTRAGÁVEL

EM INCIDENTE QUE A imprensa internacional encarou apenas como um pequeno abalo em sua incessante busca por manchetes sensacionalistas, motoristas de caminhão italianos bloquearam estradas e vias de acesso das maiores cidades da Itália em dezembro de 2007, em protesto contra os altos preços da gasolina e a carga horária excessiva. Embora os jornalistas encarassem a greve como mais um episódio do sindicalismo à italiana (ou seja, que não mereceria ser levado a sério), uma olhada nos bastidores revela fatos preocupantes sobre a fragilidade de uma das estruturas que mais nos parece garantida no dia a dia.

No final do segundo dia da greve, planejada para durar cinco dias, sobravam apenas produtos estragados nos supermercados de Milão a Nápoles. Carne, leite, frutas e vegetais haviam desaparecido das prateleiras, levados por uma multidão de consumidores que também se apoderou de farinha, açúcar, manteiga e massas. Da mesma forma, em muitos postos de gasolina viam-se cartazes com o aviso "sem combustível" e longas filas de lambretas, carros e vans nos postos que ainda estavam funcionando. Os porta-vozes da associação de postos de gasolina informaram que 60% dos postos do país se encontravam inativos e que até o dia seguinte a maioria dos restantes seria fechada.

"Desde ontem não temos nenhuma entrega", contou Ruggero Giannini, gerente de vendas de um supermercado do centro de Roma. "Estamos impotentes diante dessa situação."

Em apenas dois dias, um país inteiro se viu paralisado porque motoristas de caminhão em greve deixaram de entregar os produtos que todo mundo julga que "estarão lá". Outro ponto quase tão incrível foi a total falta de interesse por parte da imprensa internacional em cobrir o ocorrido. Imagine: um país dessa importância à beira de uma paralisação completa em apenas dois dias. E, ao

mesmo tempo, as excentricidades de artistas e políticos empurram uma história desse calibre para a página de obituários. O que está de fato acontecendo?

Duas mensagens importantes destacam-se nesse caso da greve italiana. A primeira é o aspecto *just-in-time* de controle de estoque da cadeia de abastecimento de mercadorias como alimentos e combustível, dos quais a sociedade depende no dia a dia. A segunda é ainda mais fatídica: o papel fundamental desempenhado pelo petróleo para transportar esses produtos do lugar onde eles são produzidos ao lugar onde são consumidos. A greve italiana mostra claramente a fragilidade dessas infraestruturas e a função central do petróleo na distribuição de produtos à população. O fato de que a notícia foi quase ignorada pela mídia revela como a sociedade moderna industrializada já está acostumada a considerar o funcionamento dessas infraestruturas como algo natural. As pessoas parecem achar que a comida para bebês, o tomate, o cigarro, o sabão em pó, a cerveja e a gasolina simplesmente aparecem no posto da esquina, como num passe de mágica. Basta pedir. Mas e se esses produtos não aparecerem? Essa é a questão de vários trilhões de dólares.

Neste pequeno aperitivo sobre caminhoneiros italianos, o ingrediente principal é o petróleo — a commodity das commodities. Sem ele, nada funciona na sociedade moderna da maneira como ela está estruturada atualmente. Portanto, para entender a magnitude da greve, precisamos examinar mais de perto a questão de como o suprimento de petróleo pode ser interrompido não só por um problema temporário com motoristas insatisfeitos, mau tempo ou manobras geopolíticas, mas de modo permanente.

LADEIRA ABAIXO

EM 1996, O INSTITUTO AMERICANO de Petróleo realizou sua reunião anual em San Antonio, Texas. Na pauta, havia uma palestra intitulada "Energia Nuclear e Combustíveis Fósseis", a ser apresentada por M. King Hubbert, geofísico do Centro de Pesquisas de Petróleo da Shell, em Houston. Embora os participantes da conferência não tivessem ideia do que se escondia por trás daquele título tão vago, seus patrões sabiam muito bem. O diretor geral da Shell ficou ao telefone com Hubbert praticamente até o último minuto antes de ele subir ao pódio, suplicando que ele não fizesse a apresentação e o ameaçando. Mas Hubbert era um sujeito teimoso, que acreditava em seu trabalho, e assim, ignorando as súplicas, deu a conhecer o que hoje é chamado de "Teoria do Pico do Petróleo", ou, mais informalmente, o "Pico de Hubbert".

O que Hubbert afirmava era que a produção americana de petróleo chegaria a um pico no início da década de 1970, algo que ninguém da indústria do petróleo quis ouvir na época, nem quer ouvir agora. Seus estudos mostravam

reservas finais de duzentos bilhões de barris de petróleo, uma constatação que chamou a atenção de todos. Na verdade, a produção americana de 1956 a 2000 foi um pouco maior, devido à participação do Alasca e dos campos petrolíferos no Golfo do México. A diferença, porém, é pequena, e o curso geral de produção ainda segue quase fielmente a curva de Hubbert. Hoje em dia, a questão do pico do petróleo foi levada a outro patamar, com muitos observadores afirmando que a produção mundial atingiu seu pico por volta do ano 2000. Se essas previsões se mostrarem tão precisas quanto as de Hubbert em relação à produção americana, o mundo está prestes a sofrer um colapso em todos os aspectos do que chamamos vida moderna. Dessa forma, vale a pena entender como Hubbert acertou nas previsões para os Estados Unidos e qual a conexão entre esse tipo de previsão e a sociedade global.

A curva de produção de grandes campos petrolíferos hoje em dia é bastante conhecida. É uma curva bem simétrica, com elevação de cerca de 2% ao ano quando o campo é novo e declínio similar após o pico de produção. Assim, se a produção global de petróleo atingiu seu pico alguns anos atrás, o que podemos esperar agora é um declínio anual na produção de aproximadamente 2%.

No outro lado da equação está o consumo. Com o crescimento da população mundial e o apetite dos países em desenvolvimento do leste e do sul da Ásia por petróleo, estima-se que a demanda global suba também 2% ao ano nos próximos anos. Considerando os dois lados da equação, temos uma defasagem anual de 4% que precisa ser resolvida.

A forma racional de solucionar esse problema seria o mercado destinar o petróleo disponível a quem precisa, com os países ricos subvencionando os países pobres até se encontrarem alternativas de combustível. Mas os registros históricos não são a melhor fonte a considerar no que se refere a encontrar soluções racionais para problemas globais (ou, de resto, qualquer outro problema). Ao contrário, o mais provável parece ser a ocorrência de algum tipo de evento X, aliviando a tensão entre a oferta e a demanda. Falarei um pouco a respeito dessas possibilidades de balanceamento de complexidade mais à frente.

De um ponto de vista puramente geofísico, Hubbert usou princípios conhecidos, referentes à formação do petróleo, ao tipo de região geológica em que ele deve ser encontrado e outras propriedades, juntamente com estimativas (alguns diriam “palpites”) de índices de consumo, reservas conhecidas e coisas semelhantes, chegando à conclusão de que as reservas americanas ultrapassariam a metade do caminho na década de 1970. Para efeitos práticos, ele estava certo. Portanto, prognósticos de que as reservas globais de petróleo atingiram seu pico no ano 2000 têm profundas implicações em como nossa vida será na segunda metade deste século.

Sem nenhuma fonte alternativa realmente viável de suprimento de energia diante de um declínio na disponibilidade do petróleo, podemos esperar um mundo

muito diferente. Uma grande diminuição no número de viagens de longa distância, a deflagração de uma guerra internacional para assegurar os recursos restantes, o desaparecimento dos subúrbios, o definhamento da globalização e o (não menos importante) fim da economia de consumo são algumas das consequências prováveis do esgotamento de energia barata. Evidentemente, essas projeções se baseiam em hipóteses específicas relativas à probabilidade da descoberta de novos grandes campos petrolíferos, ao desenvolvimento de tecnologias de energia atualmente desconhecidas e a crenças sobre como as pessoas reagirão a preços de energia astronômicos. Abordarei essas questões em breve. Por ora, examinemos a melhor estimativa atual de onde nos encontramos hoje em termos de reservas globais de petróleo, consumo e a probabilidade iminente de "esgotamento".

PODE ENCHER O TANQUE?!

NUM RECENTE JANTAR, MENCIONEI a questão do pico do petróleo com uma mulher sentada a meu lado. Devo dizer, logo de cara, que a tal mulher era uma pessoa muito inteligente e talentosa, com muitas realizações profissionais em seu currículo. Por isso, fiquei um pouco surpreso quando, após ouvir meu "manifesto" sobre a iminente catástrofe global causada pelo esvaziamento das bombas nos postos, ela disse: "Pensei que ainda tivéssemos quarenta anos pela frente. As fontes estão realmente secando?" Ora, mesmo se tivéssemos petróleo para mais quarenta, cinquenta ou até sessenta anos, o que importa não é o esgotamento das fontes, mas sim se teremos petróleo suficiente para manter nossa economia moderna em funcionamento. E esse momento de parada acontecerá bem antes de as bombas secarem.

Colin Campbell, geólogo da área de petróleo e especialista no assunto, utiliza a seguinte analogia para explicar a situação: cerca de 70% do corpo de um homem comum, de noventa quilos, é composto de água. Isso significa cerca de sessenta quilos de água no corpo. Se ele perder nem que sejam apenas 10% ou 15% dessa água por desidratação, sofrerá um sério colapso orgânico e se verá diante de outras consequências bem desagradáveis — provavelmente, até a morte. Ou seja, não é necessário que o homem perca *toda* a água de seu sistema para morrer. Uma pequena porcentagem já pode levar ao óbito. O mesmo vale para a sociedade moderna do modo como está configurada atualmente. A perda de uma pequena fração no suprimento diário de petróleo global é mais do que suficiente para deixar a sociedade industrializada de hoje em sérios apuros. Com isso em mente, vejamos onde o ponteiro do medidor do petróleo está nos dias de hoje.

A primeira coisa que precisamos entender é que ninguém sabe ao certo a

quantidade de petróleo que ainda existe no solo. Os países produtores mentem como bandidos a respeito de suas reservas, por uma série de motivos, bons e maus. Interesses comerciais e dos governos unem-se aos produtores nessa farsa, pelas razões de sempre: dinheiro e poder. Mesmo com essa limitação, há um consenso bastante generalizado em relação ao ponto em que nos encontramos hoje em dia.

De acordo com um artigo da *Oil and Gas Journal*, no final de 2005 as reservas mundiais de petróleo eram de 1,2 trilhão de barris, dos quais cerca de 60% se localizavam em cinco países: Arábia Saudita, Irã, Iraque, Kuwait e Emirados Árabes Unidos. No outro lado da balança, o consumo totalizava 84 milhões de barris por dia, com 47% nos seguintes países: Estados Unidos, China, Japão, Rússia e Alemanha. No presente, o consumo está crescendo a uma taxa de 2% ao ano. Um bilhão de barris, então, dura aproximadamente doze dias. Fazendo os cálculos, isso significa trinta bilhões de barris por ano. Portanto, mesmo que o consumo se estabilizasse na taxa de hoje, 1,2 trilhão de barris na reserva acabaria em quarenta anos — exatamente como minha companheira de jantar previra! Esse é o limite máximo. Mas, de acordo com o argumento apresentado anteriormente, o da morte por desidratação, a sociedade entraria em estado terminal muito antes de chegar ao quadragésimo ano, a menos que a razão entre oferta e demanda mudasse drasticamente.

No lado da oferta, temos duas possibilidades: a descoberta de mais petróleo e/ou a utilização de alternativas ao petróleo para o fornecimento de energia. Evidentemente, a primeira opção não é uma solução de fato, pois só adia o momento do acerto de contas. Na melhor das hipóteses, ganhamos tempo para desenvolver a segunda possibilidade.

No lado da demanda, a única saída é reduzir o consumo. Em outras palavras, uma mudança radical no estilo de vida que a sociedade ocidental se acostumou a levar nos últimos cem anos. Mais adiante, falarei a respeito das implicações dessa mudança.

A questão da oferta-demanda oferece um quadro bastante claro de como a complexidade se relaciona com o pico do petróleo. De um lado temos uma crescente complexidade na sociedade impulsionando a demanda, enquanto a complexidade no lado da produção se manteve fixa por décadas. O resultado é um desnível cada vez mais amplo. Como acabamos de falar, uma forma lógica de diminuir esse desequilíbrio é ambos os lados tomarem medidas nesse sentido. Mas, repito, depender de uma ação voluntária, sobretudo quando envolve diminuição de complexidade de um sistema muito complexo, é como apostar na loteria. A ideia de redução simplesmente não faz parte da natureza humana.

A questão do pico do petróleo envolve uma espécie de evento extremo em forma de tortura chinesa, ou seja, um enfraquecimento gradual da sociedade, que se reduz a uma pálida sombra do passado. Mas a morte rápida também pode

acontecer se o suprimento de petróleo for interrompido da noite para o dia por um problema mais direto do que o esvaziamento do tanque — o mais provável é algum tipo de acontecimento geopolítico ou um ataque terrorista no Oriente Médio. Vimos anteriormente que mais de 60% de todas as reservas de petróleo se encontram sob as areias de uns poucos países bastante instáveis na região do Golfo Pérsico. Não seria de espantar, então, que uma pequena faísca em algum desses lugares desencadeasse uma terrível reação em cadeia no mundo inteiro. Vejamos algumas hipóteses possíveis.

RÁPIDO E NÃO TÃO RASTEIRO

UMA RÁPIDA CONSULTA NO Google revela quase tantas situações para uma crise do petróleo no curto prazo quanto comentários sobre energia, pico de petróleo e opções de energias alternativas. Aqui, apresento quatro cenários bastante plausíveis, com a gama de possibilidades decorrentes de uma crise petrolífera. Gostaria de frisar que não estamos falando de previsões. O que acontecerá certamente será muito diferente. Porém, como todo bom cenário, as situações descritas a seguir apresentam forte semelhança com o que provavelmente ocorrerá nos próximos anos (ou dias).

> ***Cenário I: Guerra civil na Arábia Saudita:*** Os dois locais mais sagrados da religião islâmica sunita, as mesquitas de Meca e Medina, são atingidas de surpresa por bombas nas primeiras horas da manhã. Embora ninguém assuma a responsabilidade pelos atentados, autoridades sunitas e a população wahabita na Arábia Saudita imediatamente atribuem os ataques à comunidade xiita e contra-atacam destruindo grandes mesquitas adversárias, o que dá início a uma sanguinolenta guerra civil que se preparava para explodir havia décadas.
>
> A família real saudita foge do país, após notícias de rebeliões por toda a capital, Riad. Nesse ínterim, o preço das ações em Wall Street cai mais de 5% antes de a bolsa ser temporariamente fechada. Na bolsa de mercadorias NYMEX, o preço do petróleo bruto dispara para mais de vinte dólares o barril poucos minutos após notícias sobre a interdição de todo o carregamento de petróleo proveniente da Arábia Saudita.
>
> Os tumultos de Riad espalham-se por todo o país, chegando também aos países vizinhos Kuwait, Omã e Emirados Árabes Unidos. Mais tarde, um grupo xiita radical assume responsabilidade pelo atentado no momento em que o Iraque entra no conflito. A polícia e as forças armadas iraquianas contribuem para o derramamento de sangue. Em poucos dias, o Oriente

Médio inteiro está em chamas, e a produção de petróleo é reduzida a quase zero.

Cenário II: Irã nuclear: Após unidades xiitas em Basra declararem sua independência de Bagdá, o Irã busca proteção para seus irmãos religiosos formando uma coalizão Irã/Iraque xiita, visando ao controle do petróleo do Golfo Pérsico. A coalizão invade o Kuwait e a Arábia Saudita, apoderando-se do porto de Dhahran nos dez primeiros dias de uma grande campanha. Mais ao sul, o Irã toma posse do estreito de Ormuz, interrompendo 40% do envio marítimo de petróleo do mundo, além de bloquear o Canal de Suez com embarcações terroristas e conquistar o Bab el-Mandeb (estreito que separa os continentes da Ásia e da África), no extremo sul do mar Vermelho.

Depois de concluir com sucesso seu programa nuclear de armamentos, o Irã ameaça usar seu poderio caso os Estados Unidos intervenham na defesa de seus aliados do Golfo. Quando os americanos utilizam seus mísseis balísticos em ataques aéreos para desativar os sistemas de lançamento convencionais do Irã, uma arma nuclear é lançada e o principal terminal de envio de petróleo de Ras Tanura, na Arábia Saudita, é destruído.

Temendo que o Irã introduza secretamente um artefato nuclear em seu território, os Estados Unidos empreendem um ataque preventivo “limitado”, com o objetivo de liquidar as armas iranianas de destruição em massa que sobraram.

Com o bloqueio do estreito de Ormuz, a destruição do principal porto de envio de petróleo de Ras Tanura e a detonação de armas nucleares como se fossem fogos de artifício no Quatro de Julho, a situação fornece muitos elementos para criar uma grande interrupção no suprimento de petróleo bruto e um consequente aumento gigantesco dos preços.

Um aspecto interessante desse cenário é que ele já foi estudado à exaustão pelos estrategistas do Pentágono durante a administração Clinton, nos idos da década de 1990. Naquela época, os analistas concluíram que, mesmo se os iranianos tivessem de vinte a trinta armas nucleares e pudessem executar um ataque surpresa a seus vizinhos do Golfo, somente a “irracionalidade” da liderança iraniana justificaria o uso dessas armas. De acordo com os compêndios de estratégia, “os líderes do Irã, dentro desse cenário nuclear, seriam fortemente influenciados por motivos religiosos e nacionalistas capazes de superar os cálculos racionais”. Isso foi em 1992. Hoje em dia, quem sabe?

Cenário III: Furacão Houston e al-Qaeda: Durante o auge da temporada dos furacões no Golfo do México, uma grande tempestade atinge as refinarias de petróleo do Texas e da Louisiana, interrompendo por tempo indeterminado a produção de gasolina, óleo diesel, lubrificantes e outros

derivados do petróleo. Ao mesmo tempo, os terroristas da al-Qaeda destroem grande parte da infraestrutura de produção de petróleo, como no Cenário I. Em poucos dias, o preço do petróleo triplica.

Aproveitando a situação, a Venezuela e o Irã alimentam crises já existentes em seu país, aumentando ainda mais a pressão sobre os preços do petróleo. Um ou dois dias depois, pequenos conflitos em diversas partes do mundo acabam se transformando em guerras generalizadas, numa tentativa desesperada de obter petróleo a qualquer custo.

Os consumidores nos Estados Unidos entram em um momento de pânico e acumulação, com a paralisação do sistema de transportes, quebra do mercado de ações e rebeliões em Nova York e outras cidades importantes dos Estados Unidos. A economia do país fica despedaçada. Quando as linhas de abastecimento social *just-in-time* entram em colapso, instaura-se uma depressão global. Políticos, líderes eclesiásticos e outros especialistas não têm a mínima ideia do que realmente está acontecendo e se mostram impotentes diante dos motins e os saques que ocorrem o dia inteiro — o que só serve para agravar o contexto de escassez.

Esse cenário segue o roteiro de uma situação apresentada num especial da CNN no primeiro semestre de 2006. E não estamos falando de uma fantasia, fruto da imaginação fértil da mídia. Os furacões realmente acontecem, e acontecem exatamente na região onde quase todos os produtos derivados do petróleo são refinados para o mercado americano. Outro fato inegável a ser contabilizado é o oportunismo dos grupos terroristas, e a sinergia de pegar carona num “ataque” da natureza é uma oportunidade boa demais para deixar passar.

Outro fato, ainda, é que a economia mundial consiste em uma densa rede de infraestruturas fortemente interconectadas — uma rede bastante frágil, sustentada pelo petróleo. Se o petróleo deixar de existir, o pânico pode espalhar-se pelo mundo mais rápido que uma síndrome respiratória, a gripe aviária ou qualquer outro tipo de epidemia biológica. Seria como uma epidemia de informação, infectando bilhões de pessoas no mundo inteiro em poucos dias.

Cenário IV*: *Uma coalizão no lado do suprimento: Maio de 2014: o preço do petróleo ultrapassou os cem dólares por barril, uma vez que o Irã e a Venezuela cortaram as exportações de mais de setecentos mil barris para punir os países desenvolvidos do Ocidente pela imposição de sanções. Nesse meio-tempo, as forças armadas dos Estados Unidos estão se preparando para deslocar toda a sua frota do Pacífico para a região do Golfo Pérsico, a fim de combater ameaças aos campos petrolíferos do Oriente Médio.

De repente chegam de Baku notícias de que sabotagens no Azerbaijão bloquearam os campos de petróleo de lá, o que significa um milhão de

barris por dia a menos na linha de suprimento mundial. O preço do petróleo dispara imediatamente para mais de 115 dólares o barril, os mercados de ações entram em queda livre e a confusão impera em Washington, enquanto os políticos tentam resolver a situação.

O secretário de Energia dos EUA sugere ao presidente que utilize parte da Reserva de Energia Estratégica para reduzir a pressão sobre o abastecimento de gasolina. O presidente considera a possibilidade, junto com a alternativa de conservação compulsória pela redução dos limites de velocidade e outras medidas para diminuir o tráfego de veículos. As forças armadas argumentam que o petróleo da reserva deve ser guardado para uma possível ação no Oriente Médio, enquanto líderes do Congresso afirmam que não aceitarão a limitação de consumo compulsória. Incapazes de deslocar poder militar para a Ásia Central, as forças armadas americanas são obrigadas a adotar a política de “espere para ver”.

Um avanço rápido de três meses para agosto de 2014. A situação está muito pior. Uma usina secreta de enriquecimento de urânio é descoberta no Irã, confirmando sua intenção de desenvolver armas nucleares. Os Estados Unidos e Israel impõem sanções ainda mais estritas. Em reação, o Irã e seu país vassalo, a Venezuela, ameaçam interromper a produção de petróleo, fazendo os preços do produto dispararem para 150 dólares o barril.

O presidente americano marca uma reunião de última hora na sala de comando de emergência da Casa Branca, sem ver uma alternativa viável à imposição de medidas de conservação. Ele sabe que não há como amenizar o golpe econômico e político de um barril de petróleo a duzentos dólares. Conselheiros lembram que aplicar mais sanções ao Irã surtirá pouco efeito, uma vez que o alto preço do petróleo e a falta de suprimento só estimulam as nações produtoras a diminuir a produção. No lado militar, a única saída parece ser deslocar toda a frota do Pacífico para o Oriente Médio, cedendo, dessa maneira, o controle do Pacífico à China. No final da reunião, o presidente constata: “Estamos enfrentando uma ameaça mortal ao nosso estilo de vida aqui.”

A situação se baseia numa simulação criada pela Securing America’s Future Energy e pelo Bipartisan Policy Center em 2007, envolvendo diversos ex-assessores presidenciais com profundo conhecimento a respeito de assuntos de segurança nacional e experiência em relação às maquinações políticas de Washington. O resultado do exercício de um dia demonstrou a incapacidade das forças armadas americanas de projetar seu poder em diversas regiões do planeta simultaneamente, além da possibilidade de que países menores desestabilizem o equilíbrio político e especialmente o econômico do mundo.

SINTETIZANDO

VAMOS RESUMIR A SITUAÇÃO. Temos dois pavios, um curto e um longo, ambos conduzindo à mesma bomba: a crise do petróleo e a consequente extinção do “Homem Petrolífero”. O pavio longo é o cenário do pico do petróleo, em que o petróleo barato e de fácil acesso se torna cada vez mais escasso e caro. Esse cenário envolve apenas motivos geológicos (o petróleo é um recurso natural limitado) e a cobiça humana (uma demanda insustentável). Uma versão mais curta, que nos levaria de volta a um estilo de vida medieval, tem o componente extra de uma catástrofe natural (um furacão ou vulcão) e/ou da intervenção humana, como um ataque terrorista. Em ambos os casos, não durará mais do que três décadas para o “Homem Petrolífero” sair de cena — esperneando, claro —, mas sem deixar de existir.

Diante desses cenários, a primeira coisa que qualquer pessoa de juízo deveria perguntar (e pergunta) é: O que pode ser feito? O que eu e /a sociedade podemos fazer para impedir essa possibilidade de “extinção”? A resposta curta é: *nada*. O inexorável maquinário de um evento extremo já foi acionado, no início do século passado, época em que o motor movido a gasolina substituiu seu concorrente movido a vapor. O golpe de misericórdia foi dado após a Segunda Guerra Mundial na malfadada experiência de viver o “sonho americano”: subúrbios. Sim, você também pode ter tudo — morar no campo e trabalhar na cidade. O grande dispêndio de recursos — energia e dinheiro — destinado ao desenvolvimento de estradas, shopping centers, caminhões disfarçados de carro (SUVs) e afins, necessários para sustentar esse “sonho”, certamente chegará ao fim como o maior desperdício de recursos da história da humanidade, o elemento que faltava para selar o triste destino que enfrentamos hoje em dia.

Alguém me perguntou se eu achava que era um bom momento para comprar uma casa à base de energia solar. Respondi que George W. Bush, Dick Cheney e Al Gore, todos possuem casas com equipamentos de energia solar de última geração. A residência de Bush foi descrita como “a casa dos sonhos de um ambientalista”, enquanto a de Cheney dispõe de modernníssimos dispositivos de conservação de energia, instalados por… Al Gore! Será que eles sabem alguma coisa que você não sabe?

Voltando à questão referente ao que fazer, há um monte de pequenas ações que cada indivíduo pode realizar que refletem incrivelmente muitas das medidas que os ambientalistas defendem há anos, desde a simples autoeducação em relação a qual é a natureza do problema até a redução pessoal do consumo de carne (que é um tipo de alimento intensivo em energia). Você também pode aprender a executar procedimentos médicos de emergência e começar a pensar em como sobreviverá em caso de apagões, falta de comida e de água, crises econômicas e colapso das infraestruturas sociais em geral.

Examinemos mais de perto os dois tipos de pavio — o longo, do pico de petróleo, e o curto, de um ataque acidental/natural/terrorista, para ter uma ideia de oportunidade das coisas. Primeiro, o pavio longo.

De acordo com estudos realizados por pesquisadores relativamente imparciais (ou seja, profissionais que não são empregados, diretos ou indiretos, da indústria petrolífera, da Organização dos Países Exportadores de Petróleo, de agências de energia nacionais ou internacionais, de grupos de ação política e outros grandes contratadores), há um consenso bastante claro de que a produção de países fora da OPEP atingirá seu pico até meados da década, aproximadamente em 2015. O pico mundial depende totalmente da situação da OPEP.

Se as reservas da OPEP forem maiores do que a previsão consensual dos prognosticadores objetivos, o pico global pode ser adiado para 2020-2025. Se as reservas do Oriente Médio estiverem próximas das hipóteses previstas usadas em modelos, o pico será alguns anos antes. De qualquer maneira, isso não importa muito, porque estamos falando de poucos anos. Se as coisas continuarem como estão, ou seja, se o governo não deixar de conversa-fiada para passar a tomar medidas efetivas, esses poucos anos não farão diferença. No cômputo geral, portanto, a explosão da bomba de pavio longo acontecerá daqui a dez, vinte anos.

No caso do pavio curto, a pergunta é: o que estamos chamando de curto? Curto pode ser amanhã ou até mesmo hoje. Nem todos os intervalos de tempo, porém, são igualmente prováveis. O mais possível é que ainda tenhamos pavio para alguns anos, talvez dois ou três. Mas o pavio pode queimar inteiro a qualquer momento.

Não deixa de ser irônico que a gama de catástrofes decorrentes da crise do petróleo possua uma incrível semelhança com as catástrofes apresentadas pelo Clube de Roma em seu estudo de 1972, *Limites do crescimento*. Na época, lembro-me de ter comparecido a muitas sessões do Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados, na Áustria, onde eminentes economistas, modeladores de sistemas, demógrafos e outros estudiosos rechaçaram tais previsões, considerando-as equivocadas. Em defesa do Clube de Roma, o que foi rejeitado não foram as previsões em si, mas a base metodológica utilizada pelos pesquisadores para chegar a suas conclusões.

A principal conclusão do relatório do Clube de Roma foi que o crescimento exponencial da população e o constante consumo de energia precipitariam o colapso econômico global, acompanhado de fome generalizada. A crise tomaria a forma de escassez de recursos como energia, alimento, água e/ou poluição do meio ambiente, a ponto de tornar o planeta um lugar inabitável. Vale a pena citar um trecho desse trabalho:

Se as tendências atuais de crescimento da população mundial,

industrialização, poluição, produção de alimentos e esgotamento de recursos permanecerem inalteradas, os limites demográficos deste planeta serão atingidos nos próximos cem anos. O resultado mais provável disso será um declínio repentino e inevitável da população e de sua capacidade industrial.

Ambos os pavios estão queimando, refletindo a precisão do prognóstico. É uma pena que a humanidade não tenha dado ouvidos ao alerta em 1972, pois algo poderia ter sido feito para desviar esse trem descontrolado quando ele ainda estava longe de se chocar contra a estação.

É DE DOER

UMA PANDEMIA GLOBAL

MONSTROS À PORTA

EM *A PESTE*, ROMANCE existencialista de 1947, o escritor Albert Camus pinta um quadro emocionante de profissionais de saúde que se unem para combater um surto de peste bubônica. A história transcorre na cidade portuária argelina de Oran, e os personagens abrangem uma ampla faixa da vida diária, entre médicos, fugitivos e religiosos, todos forçados a enfrentar a questão da condição humana e dos caprichos do destino, tema bem ao gosto do autor. A conclusão dessas diferentes ponderações parece ser que os seres humanos têm, na melhor hipótese, uma ilusão de controlar seu destino e que, em última análise, a irracionalidade governa os acontecimentos. *A peste* é o relato de um evento tão distante das expectativas razoáveis da experiência normal — de como a vida deveria ser — que o consideramos simplesmente… um absurdo, que era como Camus descrevia o conflito entre o que os seres humanos nostalgicamente esperam da existência e as realidades de nosso mundo quixotesco, imprevisível, incrível. Em outras palavras, a peste de Camus é um evento X.

A peste é um dentre numerosos relatos fictícios sobre uma epidemia e seus efeitos no cotidiano de uma grande população. A trama básica da história de Camus é que milhares de ratos começam a morrer sem que os moradores de uma cidade percebam. Logo um jornal local relata esse fenômeno aparentemente estranho e uma histeria em massa se desenvolve na população. Num esforço bem-intencionado mas trágico para acalmar a histeria, as autoridades públicas recolhem todos os ratos mortos e os queimam, criando assim um catalisador que, na verdade, acaba promovendo a disseminação da peste. Após uma série de discussões políticas sobre quais ações tomar, a cidade entra em quarentena, o serviço postal é suspenso e até os serviços telefônicos e telegráficos se restringem às mensagens essenciais. Como essa última medida contribui para conter a doença permanece um mistério, mas com certeza acentua a sensação de isolamento da população da cidade.

À medida que a moléstia se espalha, as pessoas acabam abrindo mão de suas preocupações individuais mesquinhas e se ajudam mutuamente para sobreviver. Enfim a peste se extingue, e a vida volta ao normal. As pessoas retomam seus afazeres diários e aos poucos a rotina se instala, sobrepujando a sensação de "absurdo" revelada pela peste. E assim por diante.

Na época de Camus, era relativamente fácil confinar uma doença a uma região geográfica determinada, pois as pessoas não voavam para passar um fim de semana do outro lado do globo nas Ilhas Seychelles, nem compravam no seu mercado local comida que começou o dia em outro continente. Mas, no mundo atual, a peste delineada por Camus com certeza não se confinaria aos limites de Oran e rapidamente se espalharia para a Europa continental e dali à Ásia e/ou América do Norte e/ou África do Sul e/ou… Pretendo neste capítulo examinar a possibilidade do aparecimento de uma doença como essa e as chances que ela teria de dizimar centenas de milhões de pessoas (ou mais) antes de ser contida.

Essa história de como a peste se espalhou na Argélia fornece uma lição sobre complexidade, pela forma como os elementos individuais da história — as ações tomadas pelos diferentes setores da administração da cidade e da população — se combinam para produzir efeitos "emergentes", como queimar os ratos, o que na verdade contribui para a disseminação da peste, em vez de contê-la. Portanto, o que realmente torna essa doença um evento X gerado pela complexidade não é sua irrupção em si, mas a forma como os sistemas humanos interagiram para exacerbar o número de mortes, em vez de reduzi-lo.

Antes de zarparmos nessa viagem pelo mundo dos vírus, bactérias e outras coisas nojentas, perigosas e infecciosas, quero esclarecer a terminologia que vou usar neste capítulo.

> ***Incidência:*** O número de casos novos de uma doença que aparecem em uma dada população num período de tempo especificado.
>
> ***Epidemia:*** Uma incidência excessiva e relacionada de uma doença específica acima do que é normal para uma dada população. Por exemplo, a peste de Camus foi uma epidemia.
>
> ***Pandemia:*** Uma epidemia que se espalha além de um dado continente e se torna um problema generalizado. A aids atualmente é uma pandemia.
>
> ***Endemia:*** Uma doença com uma taxa de incidência básica relativamente baixa, mas não necessariamente constante. A gripe comum é a doença endêmica mais típica em praticamente qualquer população.

Com essas definições à mão, vemos que as epidemias, e até as pandemias, estão longe de ser um fenômeno novo. Elas existem desde que a humanidade começou a caminhar no planeta. E não desaparecerão tão cedo. Para dar uma

ideia concreta, eis uma lista de alguns dos surtos mais agressivos e mortais dessas doenças nos últimos dois milênios.

A Peste Antonina (165-180): Um surto supostamente de varíola que dizimou Roma por mais de uma década, matando cinco mil pessoas por dia em seu apogeu. Número estimado de mortes: cinco milhões.

A Peste de Justiniano (541-750): Provável peste bubônica, na área oriental do Mediterrâneo. A doença começou no Egito e logo atingiu Constantinopla, Europa e Ásia. De acordo com os cronistas da época, chegou a matar dez mil pessoas por dia em Constantinopla. Número estimado de mortes: entre um quarto e metade da população humana nas áreas onde esteve ativa.

A Peste Negra (séculos XIV, XV e depois): Uma pandemia de peste bubônica na Europa, no Oriente Médio, na China e na Índia. Número estimado de mortes: cem milhões num período de duzentos anos.

Gripe Espanhola (1918-1919): Quase certamente a pandemia mais mortal da história. Dizem que começou em Haskell County, Kansas, sendo depois transmitida pelo movimento dos soldados no final da Primeira Guerra Mundial. Número estimado de mortes: cem milhões. Ao contrário da Peste Negra, que fez suas vítimas ao longo de séculos, a Gripe Espanhola dizimou um número semelhante em apenas seis meses. Para pôr essa cifra em perspectiva, já que a população mundial agora é cerca de quatro vezes maior do que em 1918, a mesma doença com o mesmo nível de letalidade atingiria atualmente mais de 350 milhões de pessoas no mundo inteiro.

Aids (1981-hoje): Provavelmente um vírus que "saltou" de espécie, dos macacos para os humanos, na África, algumas décadas atrás. Número estimado de mortes: 25 milhões e continua a aumentar.

Este relato poderia ser muito ampliado, mas uma coisa está clara: as epidemias e seus parentes mais perversos, as pandemias, merecem seu posto como um dos Quatro Cavaleiros do Apocalipse. Porém, a lista anterior é apenas um resumo.

Seria possível indagar de onde vieram essas doenças assassinas e se elas existem desde que os organismos vivos rastejaram para fora do caldo primordial. De acordo com trabalhos recentes de Nathan Wolfe, Claire Dunavan e Jared Diamond, as grandes doenças humanas são de origem relativamente recente. Na maioria, surgiram somente após o início da agricultura. Esses trabalhos identificam diversos estágios pelos quais um patógeno que originalmente infecta apenas animais consegue evoluir e infectar exclusivamente seres humanos. O ponto principal dessas pesquisas para nós é que doenças que levam a epidemias

podem surgir de fontes que originalmente não têm nenhuma relação com os humanos.

Para entendermos as probabilidades de outra peste assassina, precisamos de mais informações não apenas sobre como essas infecções começam, mas também sobre como se espalham por uma população. Para isso, examinemos como uma peste moderna, a febre Ebola, evoluiu mais ou menos no decorrer do último quarto de século.

MESMA HISTÓRIA, NOVO ELENCO

EM 1976, MABAKI LOKELA era um professor de 44 anos de uma escola no Zaire. Ao voltar de uma viagem ao norte do país no final do verão daquele ano, adoeceu com febre altíssima. Durante a semana seguinte, pôs-se a vomitar e a sangrar pelo nariz, pela boca e pelo ânus. Morreu menos de uma semana depois. Na época, ninguém soube determinar a causa de sua morte, embora ele seja considerado hoje a primeira vítima do que agora denominamos febre ebola.

Logo após a morte de Lokela, mais de trezentos outros pacientes começaram a manifestar os mesmos sintomas. A grande maioria morreu em poucas semanas. Assim, a febre ebola chegou aos radares da comunidade médica internacional como talvez a doença mais virulenta a infectar seres humanos.

Trinta anos depois do primeiro surto, sua origem precisa ainda é obscura, embora alguns indícios apontem para morcegos frugívoros como transmissores. O que se sabe é que a doença migrou da selva africana para a periferia de Washington, D.C., em 1989, e uma equipe militar secreta da SWAT de soldados e cientistas foi mobilizada para impedir que o vírus irrompesse na capital da nação.

O que é preciso para um patógeno como o ebola se espalhar por uma população? E quais são os sinais de alerta que devemos procurar para identificar uma epidemia a caminho?

O primeiro ponto a observar é que, quando se trata de doenças infecciosas, nem todas as pessoas são iguais. Algumas estão genética e socialmente mais bem posicionadas para transmitir a doença do que outras, com sistemas imunológicos capazes de tolerar a doença em seu estágio infeccioso por tempo suficiente para transmiti-la antes de sucumbirem ou se recuperarem da infecção. No caso da síndrome respiratória aguda grave (SARS), um médico chinês espalhou a infecção, num hotel, para várias pessoas, que por sua vez levaram a epidemia para outros países asiáticos. A doença acabou se espalhando por mais de trinta países ao redor do mundo, matando mais de oitocentas pessoas.

As epidemias são uma função do próprio patógeno da doença (o vírus ou

bactéria), das pessoas que realmente manifestam a doença e da estrutura conectiva da população em geral por onde as pessoas infectadas circulam (os padrões de interação entre pessoas infectadas e não infectadas). Esse processo guarda uma impressionante semelhança com a disseminação de informações através da população, em que uma ideia se espalha do cérebro de uma pessoa para o de outras, em vez de ser um vírus ou bactéria passando de um corpo para outro. Formalmente, os dois processos são idênticos, exceto que num caso o agente infeccioso pode ser alguns acordes de uma canção popular ou um vírus de computador, enquanto no outro é um agente biológico.

Malcolm Gladwell, autor de best-sellers, descreve o processo da irrupção de uma epidemia de informações no seu livro *O ponto da virada*, no qual identifica as três leis da epidemia: a Lei dos Poucos, o Fator de Aderência e o Poder do Contexto. Elas se assemelham a princípios semelhantes usados pelos epidemiologistas para caracterizar e modelar a disseminação de uma doença pela população. Eis uma síntese de cada uma delas:

A Lei dos Poucos: Existem pessoas "excepcionais" em uma população que são, ao mesmo tempo, extremamente bem relacionadas e virulentas. Como resultado, essas poucas pessoas especiais são capazes de expor um número desproporcionalmente grande da população ao agente infeccioso. No jargão da comunidade epidemiológica, tais pessoas são os chamados "superdisseminadores". Um surto de SARS em Toronto, por exemplo, foi associado a um superdisseminador.

O Fator de Aderência: Esta lei diz que muitos patógenos podem sofrer mudanças bastante simples que permitem que eles "persistam" numa população, ano após ano. A gripe é um bom exemplo: a cada outono aparecem cepas novas, ligeiramente modificadas, do vírus do ano anterior. As mudanças são suficientes para que o vírus transponha o sistema imunológico de muitas pessoas e infecte uma grande fração da população.

O Poder do Contexto: Esta lei assevera que os humanos são bem mais sensíveis ao ambiente do que pode parecer à primeira vista. Em outras palavras, se as pessoas estão prontas para mudar seu comportamento — por exemplo, entrarem em quarentena voluntária ou tomar medidas preventivas básicas para evitar a infecção, como usar máscara ou mesmo lavar as mãos — vai depender dos padrões culturais da população específica a que pertencem. Numa cidade pequena, as pessoas reagirão de forma diferente do que em uma grande metrópole. E essa diferença pode ser crucial para determinar se uma epidemia irromperá ou não. Vejamos agora, sucintamente, onde nossas ideias da complexidade se encaixam na história das pandemias.

Em relação a um desnível de complexidade crescente levando a um acontecimento extremo, o quadro está bem claro, pelo menos quando se refere a um indivíduo. Temos dois sistemas em interação, o patógeno e o imunológico humano. Cada um possui seu próprio nível de complexidade, definido num caso pelas ferramentas que o patógeno consegue empregar para transpor as defesas do sistema imunológico, em oposição às ferramentas que o sistema imunológico consegue mobilizar para resistir ao ataque. Enquanto esses dois níveis de complexidade permanecem mais ou menos em equilíbrio, não ocorre nenhuma infecção. Os problemas começam quando as mutações do patógeno são mais rápidas do que a reação do sistema imunológico. À medida que essa lacuna entre os dois sistemas se amplia por uma grande fração de uma população, pode ocorrer um nível explosivo de infecções. No final, a lacuna é reduzida quando os sistemas imunológicos da população enfim se adaptam ao patógeno. Porém as velocidades dos aumentos da complexidade nos dois lados dessa "corrida armamentista" podem ser bem diferentes, explicando os muitos anos que costumam decorrer até que uma pandemia como a peste se esgote. Essa lacuna de complexidade tipo corrida armamentista está no nível dos indivíduos. Mas existe também uma história de complexidade no nível da população.

Os três princípios delineados acima pelos quais os infectantes interagem com aqueles que não estão infectados e transmitem um vírus ou bactéria são uma questão de complexidade de rede. Em particular, estudos de analistas como Duncan Watts e Albert-László Barabasi mostraram que existem níveis críticos de conectividade nas ligações entre a população em que uma infecção pode subitamente "decolar" como um incêndio florestal. O limiar entre a contenção dessa doença e seu descontrole é bem tênue, um exemplo do princípio da complexidade do efeito borboleta que discuti na Parte I.

Portanto, essas são as regras do jogo pelas quais uma epidemia de doença ou boatos irrompe e se espalha. Quais os estágios que devemos observar que dão um sinal de alerta antecipado de uma epidemia em formação?

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), uma pandemia de gripe possui seis fases distintas, que vão do aparecimento de um subtipo de vírus de gripe em animais com baixo risco de infecção humana na Fase 1 à transmissão sustentada do vírus à população humana em geral na Fase 6. As diferentes fases constituem um conjunto de sinais, ou "impressões digitais", cada vez mais claros de que uma pandemia está se formando. Eis um resumo das seis fases:

Fase 1: Nenhum subtipo de vírus de gripe novo foi detectado, mas um subtipo de vírus de gripe que causou infecções humanas pode estar presente em animais. Se estiver presente apenas em animais, o risco de infecção ou

doença humana é considerado baixo.

Fase 2: Nenhum subtipo de vírus de gripe novo foi detectado em humanos. Entretanto, um subtipo de vírus de gripe animal circulante representa um risco substancial de doença humana.

Fase 3: Uma ou mais infecções humanas com um novo subtipo, mas nenhuma propagação de humano para humano, ou no máximo casos raros de propagação em contato próximo.

Fase 4: Um ou mais pequenos aglomerados com transmissão limitada de humano para humano, mas a propagação é altamente localizada, sugerindo que o vírus não está bem adaptado aos humanos.

Fase 5: Um ou mais aglomerados maiores, mas a propagação de humano para humano ainda é localizada, sugerindo que o vírus está se adaptando cada vez melhor aos humanos, mas pode ainda não ser plenamente transmissível (risco substancial de pandemia).

Fase 6: Transmissão maior e sustentada na população em geral.

Como um exemplo do uso dessa lista para caracterizar o estágio de uma possível pandemia, a chamada gripe aviária, tecnicamente rotulada de vírus H5N1, está atualmente na Fase 3. Uma ascensão à Fase 4 representaria um grande aumento do perigo aos humanos, por ser a primeira fase em que a transmissão de humano a humano seria confirmada. Com isso, o estágio de monitoramento cuidadoso do vírus seria superado, tornando-se extremamente importante pesquisar uma vacina e iniciar medidas preventivas de saúde pública.

SAÚDE PÚBLICA, VIDAS PRIVADAS

COMO A LEGISLAÇÃO RECENTE mostra, a saúde deixou de ser uma questão privada. Por exemplo, devido aos riscos relacionados à inalação, ainda que passiva, da fumaça do cigarro, muitas nações proibiram o fumo em locais públicos, inclusive em restaurantes, bares e cafés, para proteger a saúde das pessoas. Lembre-se de que o perigo do fumo passivo está bem longe de ser algo como a febre ebola, a gripe espanhola ou mesmo a tuberculose. Portanto, onde traçar o limite entre o cerceamento das liberdades pessoais e a saúde pública?

Um bom exemplo desse dilema ocorreu no início do século XX com a cozinheira Mary Mallon, que ficou conhecida na história como “Typhoid Mary” (Mary Tifoide). Era uma imigrante irlandesa que trabalhou na área urbana de Nova York entre 1900 e 1907. Nesse período, infectou mais de duas dezenas de pessoas com febre tifoide, embora ela própria não apresentasse sinais da doença.

As pessoas contraem febre tifoide após beberem água ou comerem

alimentos contaminados pelo manuseio por um portador da doença. É quase certo que Mary Mallon tenha sofrido de febre tifoide a certa altura da vida, mas a bactéria sobreviveu em seu sistema sem causar novos sintomas.

Quando as autoridades de saúde pública avisaram-na de que poderia ser uma portadora da doença, ela negou veementemente diversos pedidos de amostras de urina e fezes. Parte de seu argumento foi que um farmacêutico local a havia examinado e descobrira que ela não tinha sinais de bactérias causadoras de doenças, pelo menos não na época do teste. No final, o Departamento de Saúde da cidade de Nova York colocou-a em quarentena, isolando-a por três anos num hospital na Ilha North Brother. Ela foi liberada sob a condição de que deixaria de trabalhar preparando e servindo alimentos.

Contudo, Mary não estava nem aí para essa ordem. Adotou o pseudônimo "Mary Brown" e voltou a trabalhar como cozinheira. Em 1915, infectou 25 pessoas no Sloan Hospital, em Nova York. Foi então novamente detida pelas autoridades de saúde e devolvida à quarentena, onde passou o resto da vida. Mary Tifoide morreu em 1938 — de pneumonia, não de febre tifoide — e foi cremada.

O caso de Mary Tifoide ilustra perfeitamente o dilema ético enfrentado pelas autoridades de saúde pública: como equilibrar "corretamente" os direitos de Mary Mallon à liberdade de movimento e emprego com os direitos do público de ser protegido contra ações e comportamentos potencialmente letais de outras pessoas? Este é o dilema *intrassocial*. Também existe uma versão *extrassocial*: como um país equilibra o direito de movimentação das pessoas através de suas fronteiras com o direito de proteger sua nação de infecções emergentes? Vamos aprofundar um pouco essas duas situações.

No final de 2006, a OMS anunciou um surto de tuberculose (TB) na região de KwaZulu-Natal, na África do Sul. De forma alarmante, dos 544 pacientes do estudo da OMS, perto de 10% tinham uma nova cepa de TB resistente não apenas aos chamados medicamentos de primeira linha, mas também a pelo menos três dos seis tratamentos "de reforço". O tempo médio de sobrevivência desses pacientes de *TB multi-resistente a drogas* (XDR-TB*, de extensively drug-resistant TB*) era de apenas dezesseis dias.

Além da alta incidência de HIV no país, a África do Sul também sofre de um nível enorme de infectantes que deixam de tomar os remédios prescritos para curar a TB. A OMS estima que 15% dos pacientes não completam os tratamentos de primeira linha e estarrecedores 30% deixam de tomar os medicamentos de reforço. Isso levou a um índice de cura geral
de apenas metade dos pacientes, tornando a XDR-TB, além de um desastre nacional potencial na África do Sul, uma ameaça ao mundo em geral, através da população crescente de turistas da África do Sul.

Para impedir a propagação da XDR-TB, foi proposta uma série de medidas

sociais rigorosas, variando desde restaurar os benefícios da previdência social aos pacientes hospitalares para encorajá-los a permanecer em internação até medidas bem mais extremas, como deter à força pessoas com XDR-TB. A OMS recomenda hoje que tais pacientes deixem voluntariamente de se misturar com a população não infectada. Mas não há medidas para impor essa separação. O governo sul-africano até agora tem relutado em empregar a detenção como uma medida de saúde pública. Tudo isso apesar de ser permitida pelo direito internacional quando todas as demais medidas para impedir a propagação de doenças falharam.

Portanto, a situação da África do Sul em relação a XDR-TB é um exemplo vivo do conflito entre o impedimento da liberdade individual de ir e vir e as medidas voltadas para proteger a população em geral de uma doença assassina.

Eis outra ameaça enorme assomando no horizonte.

Os hospitais chineses obtêm uma fração substancial de sua receita da venda de medicamentos aos pacientes. Como resultado, os médicos costumam prescrever múltiplas doses de antibióticos para problemas rotineiros como inflamações na garganta. Isso levou a um aumento substancial na evolução de cepas de bactérias resistentes a antibióticos.

Alertas já vêm sendo emitidos sobre a propagação dessas cepas novas através de viagens aéreas internacionais e da distribuição de alimentos, pois porcos chineses importados por Hong Kong em 2009 já mostraram sinais de estar infectados com essas “superbactérias”.

À medida que cepas de bactérias super-resistentes começam a aparecer ao redor do mundo, as nações passam a enfrentar problemas éticos quando se trata de fechar suas fronteiras para viajantes e imigrantes suspeitos de portar uma doença contagiosa. Existe algo que um país possa fazer para se proteger desse tipo de ameaça?

Durante o surto de SARS, o governo de Cingapura instalou termovisores em todos os pontos de acesso ao país — por mar, terra e ar. Antes de passar pela imigração, quem entrasse no país tinha sua temperatura corporal medida para se detectar uma possível febre. Um procedimento de triagem simples e não invasivo, não mais incômodo do que os exames de segurança normais dos aeroportos. Mas não podemos dizer o mesmo de outras medidas possíveis para controlar a importação de uma doença em uma fronteira nacional.

No Reino Unido, tem-se defendido a triagem compulsória de todos os imigrantes para detectar TB e HIV. Embora sua eficácia seja discutível para prevenir que essas doenças cruzem as fronteiras, não existe nenhum debate sobre as questões práticas e éticas que tal procedimento suscita. Por exemplo, quais imigrantes serão escolhidos para a triagem? Todos? Somente aqueles de certos países? Apenas os candidatos a asilo político?

Vemos que tais “filtros” dão origem à possibilidade de discriminação, perda

de privacidade e certo tipo de estigma. Em termos sucintos, deter doenças na fronteira não é a mesma coisa que controlar a imigração.

Então, que medidas realistas podem ser tomadas para impedir uma pandemia?

Existem pelo menos três meios de deter uma pandemia:

- ***Eliminar os animais infectados:*** Ao abater toda a população de 1,5 milhão de aves, as autoridades de Hong Kong contiveram o vírus H5N1 depois de registrados os primeiros casos de infecção humana em 1997. Infelizmente, esse processo, além de caríssimo, não foi de todo eficaz, pois o vírus reapareceu desde então. Mesmo assim, o procedimento tem um efeito mensurável, ao menos se o vírus puder ser localizado. Um abate em massa semelhante foi usado no Reino Unido para deter a febre aftosa no gado em 2001, quando quatro milhões de animais foram sacrificados. Mas essa abordagem levanta muitas questões preocupantes, entre elas quem indenizará os fazendeiros pela perda de seus animais e, portanto, de seu meio de subsistência.
- ***Vacinação:*** Proteger os animais e seres humanos pela vacinação também é algo complicado. Por exemplo, ainda que exista uma vacina, pode ser inviável ministrá-la a grandes números de pessoas ou animais. Além disso, não é fácil distinguir um animal ou ser humano vacinado de outro não vacinado. Portanto, pode ser difícil monitorar ou controlar a movimentação daqueles que não foram vacinados.
- ***Medicamentos:*** Ao contrário das vacinas, que são medidas preventivas, os medicamentos são um tratamento *a posteriori* para impedir a irrupção de uma pandemia. Para infecções bacterianas, existem agora muitos antibióticos bem eficazes. Há também um número crescente de cepas bacterianas resistentes a tais medicamentos, como a já citada XDR-TB.

Quando se trata de vírus, a situação é bem pior. O único agente antiviral eficaz para o vírus H5N1 da gripe aviária parece ser o Tamiflu, que age como um tipo de vacina ao impedir a infecção e como um medicamento que aumenta a taxa de sobrevivência daqueles já infectados. Mas em ambos os casos ele precisa ser ministrado logo após a exposição ao vírus ou a contração da infecção. Além disso, já apareceram variantes resistentes ao tratamento normal com Tamiflu. Portanto, mais uma vez não existem soluções mágicas para todos os agentes infecciosos conhecidos.

De modo singular, talvez o procedimento geral mais eficaz para evitar que um surto se torne uma pandemia total seja o simples bom senso. O elemento-chave é educar a população sobre os procedimentos elementares de cuidados de

saúde e saneamento. Por exemplo, lavar as mãos ao manusear alimentos, manter limpas a sua casa e as áreas externas, tomar corretamente os medicamentos e outros procedimentos semelhantes ajudam bastante a deter as doenças infecciosas antes que se transformem em uma pandemia ou mesmo em uma epidemia.

Mas que tal deter uma pandemia antes que ela tenha a chance de decolar? Dispomos de procedimentos para prever com eficácia a irrupção de algo como a gripe aviária ou a SARS? Isso nos traz ao domínio de como modelar o desenvolvimento de uma epidemia ou pandemia depois que uma infecção encontrou um ponto de apoio em uma população. Vejamos alguns rumos inesperados que os pesquisadores estão tomando para entender como as doenças se espalham no espaço e no tempo.

PADRÕES DAS PESTES

PLAYGROUNDS DIGITAIS, COMO OS popularíssimos jogos on-line *World of Warcraft* ou *Second Life*, contam com centenas de milhares de adeptos. Os participantes interagem em tempo real na internet usando avatares controlados pelo computador para travar batalhas, forjar alianças e controlar territórios.

À primeira vista, *World of Warcraft* não parece um campo de testes para batalhas da vida real contra gripe, SARS, peste bubônica ou qualquer outro tipo de doença contagiosa. Mas as primeiras impressões podem ser enganosas. E, nos Estados Unidos, os trabalhos de Nina Fefferman, da Universidade Rutgers, e seu colaborador Eric Lofgren, da Universidade Tufts, estão mostrando como esses mundos virtuais podem oferecer uma compreensão de como as pandemias se formam na realidade que habitamos.

Há várias décadas, epidemiologistas matemáticos vêm criando modelos matemáticos da propagação das doenças, na tentativa de entender e prever o surto e a propagação das epidemias. Infelizmente, para tornar esses modelos matematicamente manejáveis, é preciso introduzir uma série de pressupostos simplificadores que muitas vezes obscurecem as próprias perguntas a que estão tentando responder. Assim, os jogos de computador, que permitem a seus participantes incorporarem às suas ações uma variedade quase ilimitada de comportamentos detalhados, parecem um bom meio de superar algumas das limitações da matemática, segundo Fefferman e Lofgren.

A colaboração entre os dois cientistas e a produtora de jogos Blizzard começou quando programadores introduziram uma doença altamente contagiosa em uma zona recém-criada do ambiente complexíssimo do jogo. De início, aquele acréscimo (ou *patch*, como costuma ser chamado) funcionou como planejado: os jogadores veteranos se recuperaram da doença, enquanto os

avatares dos novatos ficaram gravemente incapacitados.

Mas logo as coisas começaram a fugir ao controle. Como vemos no mundo real, alguns dos avatares infectados conseguiram penetrar em cidades densamente povoadas do mundo virtual e contaminar seus habitantes. A doença também se propagou através dos animais domesticados infectados, que foram rapidamente abandonados por seus donos e ficaram perambulando sem rumo, infectando outros animais e avatares. Em suma, foi uma pandemia virtual.

Os programadores da Blizzard tentaram criar zonas de quarentena. Mas no mundo virtual, assim como no real, as quarentenas foram ignoradas, pois os avatares tentaram fugir a fim de levar adiante suas batalhas. Por fim, os programadores tiveram de desligar os servidores e reiniciar o sistema de modo a eliminar a doença e tornar o jogo novamente sadio. Reiniciar! Não seria bom poder fazer isso na realidade?

Lofgren estava jogando o *World of Warcraft* quando a peste irrompeu. Imediatamente ele viu o potencial do jogo como um campo de testes para estudar a propagação de doenças. O que intrigou os pesquisadores foi a oportunidade de estudar como as pessoas *realmente* se comportam nas crises públicas, em contraste com os pressupostos comportamentais anteriores dos modelos matemáticos. As pessoas são bem diferentes dos agentes homogêneos que povoam os mundos dos epidemiologistas matemáticos. Nesses modelos, todos os indivíduos de uma população possuem as mesmas características relativas à virulência de sua infecção, à capacidade de infectar os outros e assim por diante. A heterogeneidade que os modelos de computador possibilitam pode fazer uma enorme diferença sobre se a doença virará ou não uma epidemia, argumentam os pesquisadores. Quantos tentarão escapar de uma quarentena? Quantos começarão a cooperar por estarem com medo, como na história de Camus? Como diz Fefferman: "Simplesmente não sabemos."

É aí que entram em cena os mundos virtuais, onde se podem atribuir aos jogadores características individuais de virulência, resistência às infecções, cooperação, fuga e assim por diante, e o sistema pode então ser "ativado" para se ver o que acontece. Os céticos alegam que no mundo virtual os jogadores podem estar dispostos a correr mais riscos do que no mundo real. O contra-argumento é que os jogadores investiram tempo e energia consideráveis no fortalecimento de seus avatares e na formação de alianças. Como resultado, grande parte do ego dos jogadores está investida em seu representante virtual, e eles não querem ver seus egos esmagados ao correrem riscos exagerados.

Claro que no frigir dos ovos a simulação do mundo virtual é apenas uma simulação. Como qualquer modelo, não é um espelho perfeito da realidade, pois também existem pressupostos embutidos nele. Mesmo assim, parece um passo promissor para a compreensão de como pandemias potenciais se espalham e, mais importante, como podem ser detidas antes de terem uma chance de

decolar.

SINTETIZANDO

ANTES DE SINTETIZAR O que descobrimos sobre as pandemias, abordarei brevemente um tema relacionado que aparece com regularidade na imprensa popular e em outras partes: a questão do bioterrorismo.

Todos podem concordar que o bioterrorismo é um problema potencial. Não há dúvida quanto a isso. Esse problema talvez mereça ainda mais atenção, ou ao menos mais recursos, do que vem recebendo dos governos ao redor do mundo. Mas, do ponto de vista de meus objetivos neste capítulo, não importa muito se uma pandemia surge de ações humanas acidentais ou intencionais. A dinâmica da propagação da doença e o resultado final são indistinguíveis. Por essa razão, eu nada disse neste capítulo sobre a detecção, prevenção e/ou atenuação de ataques terroristas com armas biológicas. Agora voltemos à nossa história.

Vimos que, mesmo sem a ajuda de terroristas, a natureza é perfeitamente capaz de lançar uma grande diversidade de ameaças à existência humana. Epidemias e pandemias de uma variedade estonteante têm surgido regularmente ao longo da história e devem reaparecer sob várias formas. Isso é óbvio. A pergunta real é se a humanidade estará preparada para enfrentar uma grande pandemia quando ela ocorrer, caso ela ocorra.

Quanto a essa questão, um surto de uma doença potencialmente letal, disseminada por todo o globo, pode se dar a qualquer momento. Na verdade, é mais provável que aconteça antes do que se espera devido à tendência mundial de migração para as cidades, o que provoca um aumento nas densidades das populações urbanas, aliada à pouca cooperação internacional no monitoramento e na prevenção de doenças. As pessoas simplesmente não querem levar a sério outra epidemia de gripe espanhola, SARS, gripe aviária ou seja o que for. Mas as doenças estão “por aí”. E vão pegá-lo — se você não abrir o olho!

NO ESCURO E COM SEDE

FALTA DE ENERGIA ELÉTRICA E DE ÁGUA POTÁVEL

I. NO ESCURO

FALTA DE ENERGIA

A NOITE DE 13 DE julho de 1977 foi quente e úmida na cidade de Nova York. Por volta das 20h30, as luzes se apagaram do nada… e continuaram apagadas por quase 24 horas. Lembro-me com clareza desse apagão, pois na época eu era professor da Universidade de Nova York e morava em Greenwich Village. Infelizmente para mim e para minha mulher, morávamos no 17º andar de um prédio da universidade em Washington Square. Entretanto, felizmente para mim, quando o apagão aconteceu eu estava fora, na Califórnia, fazendo um trabalho de consultoria, de modo que foi somente minha mulher quem sofreu as consequências. Enquanto durou o apagão, ela teve que subir dezessete lances de escadas carregando garrafas d'água para poder cozinhar, beber e tomar banho, além de alimentos e outras necessidades da vida diária. De acordo com o relato que ela me fez, experimentar aquela Manhattan sem eletricidade foi como viver em um mundo de sonho: Greenwich Village se transformou em um palco improvisado de festas de rua. As pessoas saíram de casa para experimentar e testemunhar a cidade sem energia. Todos discutiam a situação, embora somente aqueles com rádios de pilha tivessem acesso às informações oficiais sobre a pane ou sobre quando a energia seria restaurada.

Fiquei sabendo mais tarde que outras partes da cidade ficaram bem menos tranquilas. Surtos de violência, saques e incêndios criminosos foram relatados no Harlem, no Brooklyn e no South Bronx. Pessoas arrombaram vitrines de lojas para se apoderar de produtos eletrônicos, joias, roupas, móveis e outros bens de consumo, sem falar de alimentos. Ocorreram mais de mil incêndios, pelo menos seis vezes o número normal para essa época do ano, e 1.700 alarmes falsos

foram relatados. Embora esses aspectos mais preocupantes e ameaçadores da falta de energia não fossem vistos em Greenwich Village, parece provável que mais um dia de apagão seria suficiente para que se estendessem também à parte sul de Manhattan.

Cabe observar que esse colapso da energia foi, na verdade, um problema estritamente da cidade de Nova York, ao contrário de outro apagão, ocorrido doze anos antes, que deixou às escuras todo o nordeste dos EUA e algumas regiões do Canadá. Em 1977, todos os cinco distritos de Nova York ficaram sem luz, bem como partes do condado de Westchester, ao norte da cidade. Descobriu-se depois que o apagão tinha sido causado pelo que a concessionária ConEd chamou de um "ato de Deus". Um total de quatro relâmpagos atingiu as linhas de transmissão que alimentavam a cidade, o primeiro às 20h37. A cada descarga, as concessionárias vizinhas de Nova Jersey, Nova Inglaterra e Long Island desligavam suas conexões com a cidade de Nova York, para que pudessem proteger seus sistemas e atender a sua clientela. É interessante comparar essa pane localizada e relativamente pequena com o Grande Apagão do Nordeste de 1965 e o bem mais recente colapso da rede elétrica de Nova York de 2003, os dois maiores apagões da história.

O APAGÃO DE 1965

O DIA 9 DE NOVEMBRO de 1965 não foi um daqueles em que todos os aparelhos de ar-condicionado estavam ligados. Nem era uma época de grande consumo de eletricidade. Mesmo assim, foi quando aconteceu aquilo que veio a ser chamado de Grande Apagão do Nordeste, a maior pane elétrica que havia acontecido até então, que se estendeu da cidade de Ontário, Canadá, ao norte, até Nova York, ao sul, e de New Hampshire, a oeste, até Cape Cod, a leste. Foram afetadas trinta milhões de pessoas em oito estados americanos e na província de Ontário por diferentes períodos de tempo. O que aconteceu?

O apagão começou no Canadá, na usina elétrica Beck, da concessionária Ontario Hydro, perto das Cataratas do Niágara. Às 17h16, o relé de uma das linhas de transmissão para Toronto sofreu uma pane, ativando um disjuntor que removeu a linha da rede. Quando isso ocorreu, outra usina que abastecia Toronto estava desligada para reparos e, como o consumo de eletricidade andava elevado na cidade por conta das demandas de iluminação e calefação do inverno, as linhas já vinham operando quase a plena capacidade. As duas panes se combinaram para desligar outras quatro linhas, transferindo assim a carga para as linhas que vinham dos Estados Unidos.

A sobrecarga derrubou as ligações com a Power Authority of the State of New York (PASNY), desestabilizando as principais linhas de transmissão do

estado. Em questão de segundos, a rede canadense foi desacoplada da rede de Nova York. Logo depois, os sistemas desestabilizados causaram uma cascata de novas panes: a Nova Inglaterra, o sul do estado de Nova York e outras áreas ficaram sem energia. Essa sucessão de desligamentos reduziu a rede elétrica a ilhas isoladas segundos após a pane inicial. Algumas ilhas ficaram com falta de energia, outras com excesso de energia que não tinham como transferir para outras localidades. O desequilíbrio levou a novas panes, e em poucos minutos mais de trinta milhões de pessoas estavam sem eletricidade. Por várias razões, a cidade de Nova York foi a área que ficou mais tempo sem energia. Entretanto, os nova-iorquinos se mostraram destemidos e adaptáveis, enfrentando o desconforto com naturalidade, *sem* grandes tumultos, saques ou outros descontroles.

Após esse Grande Apagão, controles computadorizados muito mais eficazes foram instalados em toda a rede elétrica e se criou o North American Electric Reliability Council (NERC, Conselho Norte-Americano de Confiabilidade Elétrica) para reunir as diversas operadoras independentes que compõem a rede de fornecimento de energia e estabelecer padrões operacionais para a transmissão de eletricidade entre regiões.

Comparado com o apagão de 1965, o que aconteceu na cidade de Nova York em 1977 foi café-pequeno. Como já observamos, a causa imediata foram relâmpagos e não falhas mecânicas do sistema, e a área afetada se restringiu à cidade de Nova York e aos arredores. Entretanto, o impacto social foi bem diferente. Nos doze anos que se passaram, o clima social mudou substancialmente… e não foi para melhor. Assim, quando as luzes se apagaram em Nova York, em 1977, isso não foi apenas pretexto para brincadeiras e festas de rua, mas uma oportunidade para que saqueadores e arruaceiros deixassem suas tocas. A anarquia prejudicou a imagem de Nova York por muitos anos. O contraste entre a reação da população aos apagões de 1965 e 1977 ilustra melhor do que qualquer teoria acadêmica quanto o "estado de espírito" predominante na época de um problema coletivo determina a conduta social durante a crise. Agora vamos passar para mais um episódio, o maior apagão de todos os tempos.

O APAGÃO DO LESTE E MEIO-OESTE DE 2003

POUCO DEPOIS DAS 16H de 14 de agosto de 2003, um defeito em uma usina elétrica da FirstEnergy no centro-leste de Ohio desencadeou uma sequência de cortes de luz que se espalhou como um incêndio florestal desde o Meio-Oeste americano até Ontário, ao norte, seguindo pelo nordeste dos Estados Unidos e deixando mais de cinquenta milhões de pessoas sem energia elétrica. Tudo aconteceu em menos de oito minutos.

Uma comissão que investigou a pane apontou uma série de causas e

denunciou a FirstEnergy por violar vários padrões do NERC: operar em níveis inadequados de tensão, não reconhecer ou compreender a deterioração de seu sistema, não controlar o crescimento de árvores junto às linhas de transmissão e assim por diante. Em suma, erros humanos básicos de gerenciamento por parte da FirstEnergy foram a causa imediata do apagão.

Depois do incidente, muitos exigiram uma remodelação completa da rede elétrica. Todos reconheceram que o sistema estava velho e começava a se deteriorar em uma época em que as necessidades de energia aumentavam rapidamente. A reestruturação era urgente e havia muito se necessitava de uma rede nova e confiável. Aqui vemos uma situação clássica de sobrecarga de complexidade. De um lado, uma rede elétrica obsoleta, em deterioração, de baixa complexidade, repleta de componentes ultrapassados, que incluía desde usinas termelétricas a carvão até linhas de transmissão deficientes e um software antiquado tentando gerenciar sistemas de controle projetados em décadas anteriores. Do outro, as necessidades cada vez mais complexas de consumidores domiciliares que utilizavam uma variedade desconcertante de equipamentos, sem falar nas empresas e instituições que buscavam satisfazer suas próprias necessidades de energia. Esse descompasso crescente é um evento extremo esperando para ocorrer… e ele ocorre, de forma inevitável, como mostram os exemplos recém-citados.

Até o momento em que este livro foi escrito, nenhuma ação substancial havia sido tomada para enfrentar esses problemas. Não se trata de uma questão exclusivamente norte-americana. Para termos uma visão mais ampla, vejamos situações semelhantes ocorridas nos últimos anos em outras partes do mundo.

• • •

O ano de 2008 começou mal na África do Sul, com apagões sucessivos afetando as maiores cidades, duas ou três vezes por dia, a partir do início de janeiro. No começo, essas faltas de luz pareciam ser apenas um pequeno estorvo, e os locutores de rádio brincavam que, para preparar as torradas para o café da manhã, os ouvintes deviam esfregar vigorosamente as duas fatias de pão. Entretanto, quando os computadores inoperantes, os sinais de trânsito apagados e os fogões frios começaram a incomodar a população, logo se percebeu que aquilo não era brincadeira. Isso sem falar em danos bem mais sérios à economia sul-africana pelo fechamento de minas por causa dos episódios, da transformação de shopping centers em cidades fantasmas e outros transtornos que, pelas estimativas dos especialistas, limitariam o crescimento anual a 4,5%, nível bem inferior ao considerado necessário pelo governo para reduzir a taxa de desemprego do país, que era de 25%.

A crise resultou de uma combinação infeliz de falta de comunicação entre governo e indústria e falta de atenção a um relatório técnico de 1998, segundo o qual, à taxa em que a economia vinha crescendo, a África do Sul enfrentaria uma grave escassez de eletricidade em 2007, a não ser que se tomassem ações para ampliar a oferta de energia.

O governo Mbeki tomou posse no ano seguinte e fracassou na tentativa de conseguir financiamentos de investidores privados para a construção de novas centrais elétricas. Somente mais tarde o governo concedeu à Eskom, a empresa estatal de energia, uma permissão para construir novas usinas. Mas era tarde demais, pois as centrais elétricas não surgem magicamente da noite para o dia. Em geral, são necessários no mínimo cinco anos para construir uma usina e colocá-la em operação. Nas palavras do respeitado analista sul-africano William Mervin Gumede: "As advertências eram bem conhecidas, mas o governo foi altivo e arrogante demais para agir. Isso é desastroso para a economia."

O descompasso de complexidade apresenta um aspecto diferente nessa situação, já que o predecessor do governo Mbeki reconheceu que o sistema econômico vinha crescendo (tornando-se mais complexo) a uma taxa bem superior à complexidade da rede elétrica do país. De tal desnível crescente só poderia resultar uma enorme falta de energia. E, naturalmente, foi isso que fez o governo Mbeki finalmente ceder e permitir que a empresa estatal tomasse medidas para aumentar a capacidade de geração de eletricidade. Mas foi preciso um evento extremo, na forma de uma onda de apagões em 2008, para solucionar o desnível de complexidade de modo que o país pudesse voltar a funcionar.

Nesse ínterim, os sul-africanos se irritavam e reclamavam dos contratempos diários em suas vidas, com elevadores parando entre andares, lojas fechadas, postos de gasolina impedidos de bombear combustível, sinais de trânsito apagados e restaurantes com comida semicozida nos fogões. Qual seria a solução? Nas palavras de um consultor da área de engenharia: "Em uma situação assim, a economia simplesmente deixa de crescer e o problema se resolve."

Embora a situação deplorável em que a África do Sul se encontrou tenha sido atípica por causa de uma combinação de um problema sistêmico com falhas humanas primárias, a falta de energia elétrica por períodos variáveis é algo corriqueiro em muitos países do mundo. Eis um relato sumário de outros incidentes do mesmo tipo nos últimos anos:

- Em fevereiro de 2008, um quinto da população da Flórida ficou sem energia em diferentes ocasiões depois que uma falha relativamente pequena na rede elétrica acarretou o desligamento de uma usina nuclear. Uma investigação posterior mostrou que a causa foi, mais uma vez, um "erro humano", quando um engenheiro, para examinar uma chave suspeita em uma subestação de Miami, desativou dois níveis de proteção do sistema.

Enquanto fazia uma medição, ocorreu um curto-circuito. Normalmente, o sistema de segurança teria limitado o problema. Mas, como os dois níveis de proteção estavam desativados, o curto-circuito gerou um efeito cascata. Mais tarde, as autoridades disseram que o certo seria o engenheiro desativar um dos níveis — não os dois — e que não sabiam por que ele tomara aquela atitude.

- Na noite de 5 de novembro de 2006, um sábado, cerca de dez milhões de pessoas na França, Itália e Alemanha ficaram presas em trens e elevadores quando faltou energia elétrica por meia hora. A empresa alemã de energia E.ON disse que o problema começou no noroeste da Alemanha, quando o desligamento temporário de uma linha de transmissão de alta tensão, localizada sobre um rio, para a passagem de um navio sobrecarregou a rede. A empresa afirmou que realizara interrupções semelhantes no passado sem que ocorresse nenhum problema e que não entendia onde e por que a falta de eletricidade havia começado. O governo alemão imediatamente exigiu uma explicação da E.ON — e quis saber o que a empresa faria para impedir que o problema se repetisse. Nas palavras do ministro da economia alemão Michael Glos: "Faltas de energia dessa espécie, além de causarem transtornos à população, representam um risco considerável para a economia."
- Em janeiro de 2008, um gato em Nampa, Idaho, escolheu o lugar errado para se abrigar do frio, deixando 1.200 casas e empresas sem energia. Ao que parece, o gato entrou em uma subestação da companhia de energia elétrica, deitou-se ao lado de um transformador quentinho e encostou em um circuito energizado, provocando um curto-circuito que derrubou as linhas. O curto-circuito também consumiu a última das sete vidas do bichano. (Os informes não mencionam se o gato era preto.) O corte de energia deixou os sinais de trânsito da cidade apagados até que o sistema fosse religado, horas depois.
- Em setembro de 2007, o Departamento de Segurança Interna dos EUA mostrou um vídeo sobre a destruição causada por hackers que conseguiram controlar uma parte crucial da rede elétrica. Mais especificamente, os hackers modificaram o código de operação de uma turbina industrial, fazendo com que girasse cada vez mais depressa até arrebentar e lançasse fragmentos de metal incandescente para todos os lados dentro da usina, o que causou um grande incêndio. Felizmente, o ataque nunca ocorreu, pois o vídeo era um exercício de simulação mostrando os danos que podiam ser causados por terroristas ao atacar um dos muitos componentes quase totalmente desprotegidos da rede elétrica.
- O dia 8 de setembro de 2011 assistiu a outro grande apagão nos Estados Unidos, quando mais de cinco milhões de pessoas de San Diego, Baixa Califórnia

e parte do Arizona ficaram sem eletricidade por volta das 15h. Uma linha de transmissão de alta tensão do Arizona à Califórnia deixou de funcionar, desencadeando uma série de avarias menores que acabaram por desligar a usina nuclear de San Onofre. Quando isso aconteceu, toda a região ficou sem energia. A falta de luz durou apenas um dia, o que não é muito tempo quando se trata de grandes apagões, mas isso não podia ter ocorrido numa época pior, pois coincidiu com o último dia de uma onda de calor que viu as temperaturas subirem até quase 40°C no interior e chegarem a 46°C nos desertos do sul da Califórnia. Como contou a moradora Kim Conway: "É o pior dia do ano — estranho que tenha sido tão próximo do 11 de setembro". Seu carrinho de compras, a propósito, estava cheio de cerveja e outras bebidas, pois ela e os vizinhos estavam aproveitando a folga forçada para improvisar uma festa.

E assim por diante. O fato é que falhas na rede elétrica ocorrem o tempo todo — em toda parte. E continuarão ocorrendo por grandes e pequenos motivos. O importante é entender como o sistema de energia elétrica pode se tornar mais confiável e menos vulnerável a falhas que deixam dezenas de milhões de pessoas sem eletricidade por dias a fio. Não existe nenhum sistema que seja à prova da estupidez humana ou de gatos vadios, mas podemos e devemos nos sair bem melhor que no passado. Com os exemplos anteriores em mente, vejamos o papel que a rede elétrica desempenha no nosso cotidiano.

Uma forma de avaliar o que acontece quando as luzes se apagam é examinar os detalhes de como a falta de energia afetou os moradores de San Diego após o evento X que acabamos de descrever:

- A criminalidade não aumentou, mas houve muitos acidentes de trânsito devido à inoperância dos sinais, provocando também enormes engarrafamentos nas principais vias públicas. Os postos de gasolina e outros estabelecimentos varejistas, como supermercados, deixaram se funcionar.
- Alguns moradores tiveram de arrombar suas garagens para ter acesso aos carros, pois os motores elétricos que abriam as portas não estavam funcionando.
- Todas as formas de transporte público passaram a circular de forma irregular, dependendo da necessidade (trens e aviões) ou não (ônibus) de energia elétrica.
- Os hospitais e outros serviços de emergência continuaram operando, mas apenas por tempo limitado, pois os geradores próprios acabaram parando quando as baterias descarregaram ou o combustível acabou.

• Houve falta d'água porque muitas estações de bombeamento deixaram de funcionar.

Muitos diriam que a lista está longe de ser catastrófica. E têm razão. A catástrofe real acontece quando os serviços mencionados são interrompidos durante dias, ou mesmo semanas, sem que ninguém saiba dizer quando a energia será restaurada — ou mesmo *se* será restaurada. É aí que os distúrbios, saques e outros comportamentos primitivos entram em ação. A história de San Diego não passa de um ensaio para uma tragédia que poderá acontecer em qualquer lugar onde o cotidiano da população depende da energia elétrica. E isso significa praticamente qualquer lugar do mundo industrializado.

A MATRIZ DA VIDA

NO FILME *MATRIX*, TODO mundo está conectado a um programa de computador onipresente que organiza suas vidas. Mas a "máquina" que controla essa realidade virtual entra em pane, ameaçando a existência da população. É interessante comparar esse mundo cinematográfico e sua crise ao nosso mundo real. Para nós, a "máquina" é "a rede" — a rede elétrica —, pois nossas vidas dependem de seus caprichos assim como as vidas de Neo e seus amigos dependem da matriz.

Jason Makansi, diretor-executivo do Energy Storage Council, ilustrou vivamente o papel fundamental do sistema de energia elétrica no livro *Lights Out* [Luzes apagadas]. Quando falta eletricidade, os sinais de trânsito se apagam, os telefones celulares deixam de funcionar, os elevadores ficam parados entre os andares, as bombas param de bombear água, gasolina e outros líquidos, os computadores ficam inoperantes e os trens deixam de circular. Em suma, a sociedade retorna a um nível pré-industrial. Como chegamos a um estado tão precário? Afinal, no início do século XX, as ruas ainda eram iluminadas a gás e o transporte era feito em carroças puxadas por cavalos. A eletrificação da sociedade é um fenômeno relativamente recente, algo que aconteceu nos últimos cem anos. Assim como a energia barata do petróleo, a eletricidade entrou em nossas vidas graças à genialidade de dois (por que não dizer?) gênios, ambos exercendo seus dotes em Nova York, há pouco mais de um século.

O primeiro inventor brilhante é um nome conhecido: Thomas Edison, o homem que criou o fonógrafo, a lâmpada elétrica e muitos outros aparelhos e dispositivos que são usados até hoje. No final do século XIX, Edison projetou um sistema de iluminação baseado em lâmpadas elétricas alimentadas pela corrente contínua (CC) produzida pela usina de Pearl Street, no sul de Manhattan. O

interessante é que, embora o sistema defendido por Edison tenha sido suplantado pelo sistema de um competidor, até hoje existem cerca de dois mil consumidores em Manhattan que recebem corrente contínua da sucessora daquela antiga usina.

O problema do sistema de Edison estava na transmissão de energia da usina ao consumidor. A tensão necessária para transmitir CC a distâncias apreciáveis, de forma eficiente, é grande demais para que o sistema seja seguro. Por outro lado, a tensão da corrente alternada (CA) pode ser aumentada ou diminuída por transformadores, o que torna a transmissão por longas distâncias eficiente, pois pode ser feita com altas tensões, e o fornecimento aos consumidores relativamente seguro, pois pode ser feito com baixas tensões. É aí que entra em cena nosso segundo gênio, o algo lendário inventor croata Nikola Tesla, provavelmente o único inventor que pode ser equiparado a Edison em número e importância de invenções.

Tesla, que falava de suas ideias a respeito dos motores elétricos como se se tratasse de uma espécie de visão mística, chegou a trabalhar para Edison. Entretanto, quando pediu permissão para pesquisar a corrente alternada e, mais especificamente, construir um motor de CA, Edison recusou. Em vista disso, Tesla se resignou a pesquisar a CC. Disse a Edison que achava que poderia melhorar substancialmente o gerador e Edison lhe ofereceu um bônus de cinquenta mil dólares se a tarefa fosse bem-sucedida. Após muito esforço, Tesla produziu um conjunto de 24 projetos de componentes que melhorariam em muito o gerador de CC, como havia prometido. Quando cobrou a recompensa prometida, Edison alegou que estava brincando. “Você não entende o humor americano” — foi a desculpa esfarrapada do grande homem.

Terrivelmente desapontado, Tesla deixou de trabalhar para Edison e abriu uma empresa para pôr em prática suas ideias a respeito da corrente alternada. Em 1888, patenteou um motor de CA, abrindo as portas para a transmissão barata e eficiente da eletricidade a grandes distâncias. O empresário George Westinghouse imediatamente comprou suas patentes. Após alguns anos de tentativas frustradas, disputas com Edison e outros percalços, o sistema de CA Westinghouse-Tesla prevaleceu em relação ao sistema de CC de Edison, abrindo caminho para que a corrente alternada se tornasse a base do que é hoje a rede elétrica norte-americana. O problema é que o fato de a CA poder ser transmitida a grandes distâncias permitiu que a rede se tornasse centralizada e, por isso, vulnerável a defeitos em cascata como os que foram descritos nos exemplos precedentes. Voltarei já a esse assunto. Por ora, examinemos mais detidamente uma série de vulnerabilidades a que a opção por um sistema de CA nos deixou expostos.

ENERGIA EM RISCO

HÁ MUITO TEMPO, EM um país distante (os Estados Unidos da década de 1970), uma rede elétrica fornecia serviços ultraconfiáveis a um preço razoável, embora não fosse uma pechincha. Mas os lucros não eram suficientes para operadoras gananciosas e políticos mais gananciosos ainda, de modo que os defensores do livre mercado engendraram a fantasia de que a privatização e a desregulamentação do fornecimento de energia elétrica poderiam garantir uma eletricidade ainda mais barata e confiável para a população. Entretanto, uma coisa estranha aconteceu no caminho para a desregulamentação: a transmissão de energia foi esquecida! Makansi cita as seguintes vulnerabilidades da rede elétrica que a levaram ao triste estado atual.

> ***Vulnerabilidade 1: Uma rede de transmissão obsoleta:*** Os investimentos em linhas de transmissão foram preteridos em favor da melhoria de partes mais visíveis e "glamorosas" do sistema. Deixou-se, assim, que a infraestrutura básica se deteriorasse. A falta de investimentos em linhas de transmissão inviabilizou muitos dos supostos benefícios da desregulamentação, que dependia de uma rede capaz de transportar com segurança grandes quantidades de eletricidade dos locais onde é barata para os locais onde é necessária. Nas palavras do ex-secretário de Energia Bill Richardson, os Estados Unidos se tornaram "uma superpotência com uma rede elétrica de Terceiro Mundo".
>
> ***Vulnerabilidade 2: Linhas de suprimento longas demais para os combustíveis das usinas:*** A maioria das centrais elétricas construídas na última década emprega o gás natural liquefeito (GNL). A próxima geração talvez utilize combustível nuclear. Acontece que as fontes de GNL e urânio ficam muito longe das fronteiras dos Estados Unidos. Grande parte vem de lugares como o Irã, a Rússia e alguns países da África, parceiros pouco confiáveis no quadro geopolítico atual. O combustível nuclear encontra-se em situação um pouco melhor, pois é fornecido em grande parte por nações mais amistosas como Canadá e Austrália. Entretanto, esses lugares estão a milhares de quilômetros de distância dos locais onde o combustível é consumido. Assim, se a tendência atual de utilizar combustíveis importados continuar, uma fração significativa do suprimento americano de eletricidade dependerá de recursos externos, que se encontram a uma grande distância.
>
> ***Vulnerabilidade 3: A eletricidade não pode ser armazenada:*** Ao contrário do que acontece com o petróleo, não é possível fazer um estoque de eletricidade para prevenir interrupções de fornecimento e outros contratempos. Claro que se pode armazená-la como energia química em baterias, como energia mecânica em volantes etc. Mas não como eletricidade. Isso só pode ser feito com capacitores, o que pode funcionar

em pequena escala, mas não com o que seria necessário para abastecer uma cidade.

Vulnerabilidade 4: Falta de técnicos especializados para a manutenção e operação da rede elétrica: No mundo atual da MTV e do Facebook, os jovens sonham com profissões glamorosas, como consultores de mídia, analistas de investimentos, psicoterapeutas, juristas etc. Com toda a certeza, a maioria não sonha com a engenharia, e mesmo aqueles que escolhem essa profissão buscam áreas como nanotecnologia, computadores e outras indústrias emergentes, o que não é o caso da energia elétrica. Como um sinal dessa tendência deplorável, um estudo recente da OCDE (Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico) revela que a porcentagem de estudantes nos Estados Unidos que se formam em engenharia ou ciências exatas é 15%, em comparação com os 37% na Coreia e 29% na Finlândia. É assustador saber que, para cada dois trabalhadores que se aposentam no setor da energia elétrica, existe menos de um substituto. Além disso, essas cifras sugerem que os novos talentos formados pelas universidades só conseguirão suprir uma pequena porcentagem das necessidades futuras.

Vulnerabilidade 5: A topologia da rede elétrica: A rede elétrica norte-americana é o que os teóricos denominam de rede "sem escala". Isso significa que possui uns poucos nós importantes com muitos pequenos raios. Assim, se um evento fortuito colocar fora de ação um componente, é muito pouco provável que a falha afete todo o sistema. Caso, porém, o evento derrube um dos nós principais do sistema, como aconteceu no Grande Apagão do Nordeste de 2003, o sistema elétrico de metade dos EUA estará ameaçado. Com a estrutura de que dispomos e o papel crítico que a eletricidade desempenha na vida do país, é preciso dedicar muito mais atenção à proteção dos nós principais da rede.

Vulnerabilidade 6: O grande impacto ambiental da rede: Tanto o carvão como o gás natural são notórios geradores de gases de efeito estufa: CO_2 no caso do carvão, metano no caso do gás natural. Essa é a boa notícia! A má notícia é que os efeitos do metano são vinte vezes maiores que os do dióxido de carbono, e, como vimos, quase todas as novas centrais elétricas são alimentadas com GNL, e não com carvão. Como os gasodutos que conduzem GNL às usinas às vezes se estendem por milhares de quilômetros, vazamentos liberam moléculas de metano na atmosfera. Estima-se que de 2 a 10% do metano escape durante o transporte dos tanques de armazenamento no porto até a central elétrica onde será usado.

Todas essas vulnerabilidades são graves, e a maioria (mas não todas), se não

for corrigida, pode facilmente levar a um apagão de grandes proporções. Atualmente, o governo e as próprias concessionárias de energia elétrica têm falado muito a respeito disso, mas poucas medidas concretas foram de fato tomadas. Não é exagero dizer que o sistema está em crise; você pode ter certeza disso quando a PJM, uma das maiores operadoras dos Estados Unidos, chama a necessidade de uma nova rede de linhas de transmissão de “um caso de emergência”. Em suma, a rede “de Terceiro Mundo” de Richardson corre um sério risco de degenerar em uma rede “do outro mundo”.

Se há alguma infraestrutura que se compare à da energia elétrica em termos de importância para o nosso dia a dia, é o sistema de abastecimento de água a residências e empresas. Seja para beber, cozinhar, lavar ou uma série de outros usos, a água doce e limpa é uma necessidade absoluta da vida moderna. Podemos viver sem eletricidade. Já *vivemos* sem eletricidade por milhares de anos. Mas não podemos viver mais que alguns dias sem água. Com isso em mente, vejamos quão próximos estamos de um evento X que irá secar nossas torneiras.

II. COM SEDE

PIOR, MUITO PIOR

NO INÍCIO DE 2004, UM acordo inesperado entre Turquia e Israel trouxe à baila o que pode se tornar para a humanidade um problema bem mais imediato, grave e ameaçador que o aquecimento global e grandes apagões. O acordo entre as duas nações prevê a venda de armas israelenses à Turquia em troca do fornecimento de água potável por navios-tanques aos portos de Israel no leste do Mediterrâneo. Praticamente sem que o mundo tome conhecimento, a Turquia está nadando em água potável, já fornece o produto em navios-tanques para o Chipre e planeja vendê-lo para Malta, Creta e Jordânia.

O consumo de água doce vem aumentando rapidamente no mundo inteiro. Todos os seres humanos precisam dela; quem não tem acesso morre. É simples assim. Sim ou não, preto ou branco, vida ou morte. Não há meio-termo. Ao contrário do problema do aquecimento global, que é contestado por alguns céticos, o problema do abastecimento de água é uma unanimidade. E está acontecendo *agora*. Com a melhoria do nível de vida e o crescimento da população dos países em desenvolvimento, aumenta o consumo. O OCDE estima que cada americano consome seiscentos litros por dia para beber, tomar banho, lavar louça e outras atividades domésticas. No outro extremo da escala, um moçambicano consome doze litros por dia — cinquenta vezes menos. Sem água,

as coisas podem desandar rapidamente, como mostraram os acontecimentos no Reino Unido em 2007.

Julho costuma ser um mês chuvoso no Reino Unido, e nunca foi tão chuvoso quanto no verão de 2007, quando a pior enchente em sessenta anos assolou o sudoeste da Inglaterra e o vale do Tâmisa. Estima-se que mais de 325 mil litros d'água por segundo foram despejados no rio, a caminho de Oxford, Reading e Windsor na noite de 23 de julho. Na área mais afetada pelas enchentes dos rios Avon e Severn, as casas ficaram sem água corrente, e as pessoas, em pânico, correram aos supermercados para comprar água engarrafada e alimentos. Uma mulher de 26 anos, de Gloucester, mãe de dois filhos, contou que dirigiu quase 25 quilômetros para comprar água depois que a estação de tratamento local foi fechada por causa da enchente. “Fomos a três supermercados, mas a água havia acabado”, contou. “As filas estão enormes. Todos estão desesperados para conseguir água. Ouvimos falar de homens adultos que empurravam crianças para pegar garrafas. É deprimente.”

Na Inglaterra, como em qualquer parte do mundo, o excesso de água pode ser realmente um desastre, ou mesmo uma catástrofe, como aconteceu em Nova Orleans em 2005. E se faltar água por algumas semanas ou alguns meses, como na seca de 2011 no Texas, quando os dois principais reservatórios que abastecem Austin e outras cidades da região ficaram com menos de 40% de sua capacidade, situação classificada como “grave” e bem próxima de uma “emergência”? Secas semelhantes afetaram gravemente a agricultura na Rússia em 2010 e 2011.

Se a falta de água temporária em uma área relativamente pequena de um país industrializado pode causar tanta perturbação, o que podemos esperar de uma escassez prolongada em uma grande área? Nenhuma resposta seria agradável. A seca da Somália, que até agora matou pelo menos trinta mil crianças e afetou mais de doze milhões de pessoas, é um bom exemplo. Como dissemos, todos precisam de água. Sem ela, morremos. Assim, em que pé estamos globalmente? Quão limitado é o suprimento de água potável? Qual a tendência para os próximos anos e décadas?

QUANDO OS CANOS SECAM

O PROGRAMA AMBIENTAL DAS Nações Unidas fez uma projeção da escassez de água no mundo em 2025, país por país. De acordo com o estudo, 1,8 bilhão de pessoas estarão vivendo em “zonas vermelhas”, aquelas com escassez de água. Isso significa que não vão dispor de água suficiente para manter o nível atual de consumo per capita de alimentos usando agricultura irrigada e, ao mesmo tempo, satisfazer suas necessidades para atividades domésticas,

ambientais e industriais. Para enfrentar o problema, essas áreas terão de desviar água da agricultura, o que, por sua vez, levará à necessidade de importar alimentos.

Igualmente assustadoras são as estatísticas que mostram a mudança da retirada da água como um percentual da água disponível no período de trinta anos entre 1995 e 2025. Em 1995, apenas um punhado de países no Oriente Médio, no Norte da África e em torno do Mar Cáspio retirava 20% ou mais da água disponível. Em 2025, não apenas essas regiões, mas também toda a China, grande parte da Europa Ocidental *e* os EUA e México, estarão na categoria dos 20% ou mais. A essa altura, somente América do Sul, Rússia, Oeste da África, Canadá, Austrália e Nova Zelândia estarão na "zona segura", retirando 10% ou menos da água disponível.

Esses números mostram melhor do que quaisquer palavras a gravidade do problema em escala global. Como um último prego nesse caixão, projeta-se que o número de pessoas afetadas pela escassez mundial de água aumentará de quinhentos milhões em 1995 para quase sete bilhões em 2050.

Por isso, a disponibilidade de água potável nas próximas décadas é motivo de grande preocupação se os pressupostos atuais de consumo, população e crescimento econômico forem válidos. Se assim for (e a situação pode piorar ainda mais), estaremos em uma grande encrenca. Conseguiremos nos livrar do problema? É provável que não. Mas a probabilidade se transformará em certeza se não tivermos uma compreensão melhor, em nível individual, da quantidade de água necessária para manter o estilo de vida atual. Uma boa maneira de esclarecer a questão é examinar a chamada água virtual contida em quase todos os alimentos e ver como o uso da água se traduz na "pegada hídrica" de um país.

O conceito de água virtual foi proposto em 1993 pelo pesquisador britânico Tony Allan, para medir o modo como a água está embutida na produção e no comércio de alimentos e bens de consumo. Allan argumenta que pessoas consomem muito mais que a água que bebem e usam para tomar banho. Se fosse só isso, o mundo com certeza não teria um problema de escassez. Allan mostrou, por exemplo, que cerca de 140 litros de água estão por trás da xícara de café que bebemos de manhã, 2.400 litros são consumidos com o Big Mac do almoço e gigantescos 22 mil litros se escondem por trás do quilo de rosbife do almoço de domingo. Para pôr essas cifras em perspectiva, os 140 litros de água naquela xícara matinal de café correspondem mais ou menos ao consumo médio diário de uma pessoa na Inglaterra para beber e para outras necessidades diárias.

Pode-se imaginar uma espécie de "comércio" global de água virtual, no qual países com poucos recursos hídricos, como a Arábia Saudita, importam produtos com alto consumo de água, enquanto exportam produtos com baixo consumo de água (petróleo), liberando a água para outros fins. Rotular os produtos de acordo com o teor de água virtual poderia ajudar a conscientizar as

pessoas do problema. Assim, por exemplo, uma tonelada de trigo contém 1.200 metros cúbicos de água virtual, enquanto uma tonelada de arroz possui 2.700 metros cúbicos, mais que o dobro. Assim, poupa-se muita água ao consumir pão em vez de arroz. Quanto ao consumo de carne, a carne bovina é a grande campeã, com um teor de água virtual quase três vezes maior que o da carne de porco e mais de cinco vezes maior que o da carne de frango. Assim, a ideia de importar água virtual através dos alimentos representa uma "fonte" alternativa para as áreas onde há escassez, reduzindo assim a pressão sobre os recursos naturais.

Entretanto, a conscientização do público a respeito do teor de água nos alimentos, por si só, não solucionará o problema da escassez global. Muito mais precisa ser feito… e depressa. Se não, daqui a vinte anos, nossas torneiras estarão tão vazias quanto os discursos de muitos políticos.

SINTETIZANDO

A ELETRICIDADE E A água são fluidos, metaforicamente no primeiro caso, literalmente no segundo. Ambas são fundamentais para sustentar a vida como a conhecemos. Para isso, precisam ser transportadas de onde são abundantes para onde são escassas. Outra semelhança é que as catástrofes associadas a elas são basicamente locais, não globais. Então por que são abordadas neste livro? Para responder, preciso explicar o que entendo por "local".

Uma pane local da rede elétrica, por exemplo, é um problema restrito a uma certa região geográfica. O apagão de Nova York em 1977 foi local, pois afetou somente a cidade e algumas áreas próximas. O apagão de 1965 afetou grande parte do nordeste dos Estados Unidos, uma área bem maior, mas ainda "local", se comparada com uma falta de energia mundial ou que atingisse o país inteiro. Assim, comparados com uma pandemia *global*, os apagões, por sua natureza, estão restritos a uma dada área geográfica e jamais serão realmente globais.

Existe também a localidade temporal, um evento localizado no tempo. É o que vemos no problema da escassez de água. Em termos de espaço, é uma questão decididamente global. Afetará todo mundo, em toda parte. mas nem todos serão afetados ao mesmo tempo. Como acabamos de ver, mesmo hoje em dia o problema causa transtornos a milhões de pessoas. Assim, no sentido temporal, pode-se dizer que a catástrofe já ocorreu. Só que a maioria dos habitantes do mundo desenvolvido não tem consciência disso porque não foi afetada… ainda.

Uma pane na rede elétrica ou no suprimento de água potável seria catastrófica, com um enorme impacto no modo de vida de literalmente centenas

de milhões, se não bilhões, de pessoas. Eis *por que* as incluí neste livro.

TECNOLOGIA FORA DE CONTROLE

ROBÔS INTELIGENTES SOBREPUJAM A HUMANIDADE

A LEI DE MOORE

NA EDIÇÃO DE 19 DE Abril de 1965 da revista *Electronics Magazine*, o engenheiro Gordon Moore, que mais tarde seria um dos fundadores da Intel Corporation, escreveu as seguintes palavras proféticas sobre os avanços esperados da tecnologia dos semicondutores:

> *A complexidade de componentes com custos mínimos tem aumentado a uma taxa de aproximadamente um fator de dois a cada ano. (...) Certamente, a curto prazo, pode-se esperar que essa taxa se mantenha, se não aumentar. (...) em 1975, o número de componentes por circuito integrado com um custo mínimo será de 65 mil. Acredito que um circuito desse tamanho possa ser produzido em uma só pastilha.*

Alguns anos depois, Carver Mead, pioneiro dos semicondutores e professor do Caltech, chamou essa afirmação de "lei de Moore", termo que os tecnofuturistas e a mídia consagraram como a definição mais precisa do progresso tecnológico na era da informática. Mutações, modificações e reformulações subsequentes levaram à crença geral de que Moore havia afirmado que a redução de tamanho dos transistores/a capacidade da memória dos computadores/o desempenho dos computadores/… "dobrará a cada dezoito meses". Moore, na verdade, não disse nada disso. O que ele disse foi que *algo* absolutamente indispensável para o progresso da tecnologia digital aumentaria exponencialmente… sem aumento de custo. Além disso, previu que essa tendência se manteria por pelo menos algumas décadas.

Embora tenha recebido o rótulo pomposo de "lei", não há nada de especial

na previsão de Moore. Na verdade, ela aplica-se com a mesma propriedade ao ciclo de vida de praticamente qualquer tecnologia nova. Quando uma tecnologia está na infância, lutando para expulsar do centro do palco a tecnologia em vigor, sua participação no mercado é muito pequena. Quando a nova tecnologia ganha mais adeptos e conquista uma fatia significativa do mercado, a taxa de crescimento aumenta exponencialmente. Mais tarde, começa a cair até se tornar negativa, ao ser substituída gradativamente pela "próxima grande novidade".

Muitos estudos mostraram que o ciclo de vida representado por uma taxa de crescimento (como, por exemplo, o número de unidades do produto vendidas *a mais* por mês) obedece de perto à curva em forma de sino das probabilidades discutida na Parte I. Se, por outro lado, medirmos o crescimento *cumulativo* da tecnologia (como, por exemplo, o número de unidades do produto vendidas por mês), obteremos a curva em forma de S exibida por muitos processos biológicos. A parte mais abrupta da curva em forma de S apresenta precisamente o crescimento exponencial previsto por Moore para os semicondutores.

Embora não seja uma lei nem represente algo de fato novo a respeito do crescimento de novas tecnologias, a lei de Moore tem uma grande importância histórica, pois serviu como uma espécie de meta para a indústria da tecnologia digital. Isso aconteceu porque as divisões de pesquisa e vendas das grandes indústrias do setor acreditaram nas previsões e passaram a desenvolver freneticamente novos produtos, convencidas de que, se não o fizessem, seriam suplantadas pelos concorrentes. Assim, de certa forma, podemos considerar a lei de Moore uma profecia autorrealizável. Uma pergunta óbvia é a seguinte: quais são os limites desse princípio?

Um bom ponto de partida para responder a essa pergunta consiste em ouvir o próprio Gordon Moore, que afirmou em uma entrevista, em 2005, que a lei não pode continuar a valer indefinidamente. O que ele disse foi o seguinte: "Não pode continuar para sempre. O que acontece com as exponenciais é que você força a barra até acontecer um desastre." Na mesma entrevista, Moore também comentou que a "lei de Moore é uma violação da lei de Murphy. As coisas não param de melhorar". Entretanto, "para sempre" e "por um longo tempo" são coisas bem diferentes. Assim, pesquisadores como Seth Lloyd, especialista em computação quântica do MIT, acreditam que o limite será atingido daqui a *seiscentos anos*!

Por outro lado, futuristas especulativos como o inventor Ray Kurzweil e o matemático, cientista da computação e escritor de ficção científica Vernor Vinge conjecturaram que a continuação da lei de Moore por apenas algumas *décadas* provocará uma *singularidade tecnológica.* Em seu livro *The Singularity Is Near* [A singularidade está próxima], de 2005, Kurzweil afirma que o processo da evolução pode ser dividido em seis eras, começando pelo surgimento da informação em estruturas atômicas e chegando até o estado em que nos

encontramos, na Era 4, em que a tecnologia é capaz de introduzir processos de informação em projetos de hardware e software. Para Kurzweil, estamos no limiar da Era 5, que envolve a fusão da inteligência humana com a inteligência mecânica. Em outras palavras, este é o ponto em que o hardware e o software dos computadores passam a usar métodos da biologia, como autorreparo e reprodução. Esses métodos são então integrados à tecnologia humana. A "singularidade" — Era 6 — ocorre quando os conhecimentos contidos em nossos cérebros são combinados com a capacidade de processamento de informação das nossas máquinas.

Em um artigo de 1993, Vinge chamou a singularidade de "um ponto no qual nossos velhos modelos precisam ser descartados e uma nova realidade reina". Por termos a capacidade de internalizar o mundo e perguntar "e se?" em nossas cabeças, nós, seres humanos, conseguimos resolver problemas milhares de vezes mais depressa que a evolução, que sai atirando em todas as direções para depois separar o que funciona do que não funciona. Ao nos tornarmos capazes de criar nossas simulações com uma velocidade nunca dantes alcançada, entraremos em um regime tão diferente que será o mesmo que descartar todas as regras antigas da noite para o dia.

É interessante observar que Vinge atribui ao grande visionário John von Neumann o vislumbre dessa possibilidade na década de 1950. Em sua autobiografia, o matemático Stan Ulam, amigo íntimo de Von Neumann, recorda uma conversa entre os dois sobre o progresso cada vez mais acelerado da tecnologia e as mudanças da vida humana. Von Neumann argumentou que o ritmo do progresso tecnológico faz com que a história humana se aproxime de uma "singularidade", além da qual os assuntos humanos como os conhecemos não podem continuar. Embora ele não parecesse usar o termo "singularidade" exatamente da mesma forma que Vinge, que se refere a uma espécie de inteligência sobre-humana, o teor essencial da afirmação é o mesmo que os futuristas atuais têm em mente: uma máquina ultrainteligente, imune a qualquer tipo de controle humano.

Os futuristas radicais afirmam que essa fusão entre a mente humana e as máquinas permitirá à humanidade superar muitos problemas: doenças, recursos materiais finitos, pobreza, fome. Entretanto, alertam que essa capacidade também abrirá possibilidades inéditas de os seres humanos manifestarem seus impulsos destrutivos. Para os leitores com idade suficiente para se lembrar da idade de ouro dos filmes de ficção científica, tudo isso evoca o maravilhoso clássico de 1956 *O planeta proibido*, em que intrépidos exploradores intergalácticos visitam um planeta que foi habitado pelos krell, uma antiga civilização capaz de criar matéria a partir do pensamento. A civilização dos krell se extinguiu da noite para o dia quando o poder destrutivo do id desses alienígenas pôde se manifestar de forma palpável. Se porventura você perdeu o filme, a

leitura de *A tempestade,* de Shakespeare, dá o mesmo recado.

É importante observar a esta altura que, na opinião de Kurzweil, para que sua previsão se concretize, não é necessário que a lei de Moore permaneça em vigor indefinidamente, pelo menos na forma original, aplicável apenas aos semicondutores. Pelo contrário; ele acredita que algum novo tipo de tecnologia substituirá os circuitos integrados e que o crescimento exponencial implícito recomeçará com essa nova tecnologia. Para distinguir essa versão generalizada da lei de Moore, Kurzweil cunhou a expressão “lei dos retornos acelerados”.

O tipo de evento extremo que enfoco neste capítulo envolve o surgimento de uma espécie tecnológica “hostil” cujos interesses conflitam com os interesses humanos. Em uma batalha planetária desse tipo, os humanos podem sair vencedores, mas isso não é certo. Sendo assim, convém examinarmos os argumentos a favor e contra esse tipo de conflito e tentarmos entender por que os futuristas acham que devemos nos preocupar com essas questões.

O PROBLEMA DAS TRÊS TECNOLOGIAS

TRÊS TECNOLOGIAS EM RÁPIDA evolução preocupam a maioria dos “teóricos da singularidade” como Kurzweil, Vinge e outros: a engenharia genética, a nanotecnologia e a robótica. Eis uma visão panorâmica de cada uma.

Engenharia genética: Nos últimos dez anos, a manipulação do DNA de plantas e animais tornou possível produzir organismos com características consideradas desejáveis pelos “criadores”. Essa tecnologia pode ter aplicações prosaicas, como a produção de tomates resistentes a pragas ou frangos maiores e mais gordos, mas, eventualmente, pode ser empregada para criar seres humanos mais bonitos ou mais inteligentes. Seja como for, teme-se que esse tipo de manipulação genética avançada escape ao controle e leve a um número tão grande de espécies que não restaria lugar para a humanidade em nosso planeta.

Nanotecnologia: Os pesquisadores têm feito grandes esforços para controlar a matéria em nível molecular ou mesmo atômico. O termo genérico “nanotecnologia” é usado para descrever esses esforços, que incluem coisas como o uso de moléculas sintéticas para desobstruir artérias entupidas (nanomedicina), o uso de moléculas como comutadores em dispositivos eletrônicos (nanoeletrônica) e a construção de máquinas de dimensões atômicas para montar produtos com propriedades inusitadas (nanofabricação). Os estudiosos da ética e os futuristas temem a possibilidade de que esses nano-objetos se tornem capazes de produzir

cópias de si próprios e que o planeta seja tomado por uma enxurrada de "nanorrobôs".

Robótica: Os últimos dez ou vinte anos assistiram à criação de máquinas capazes de realizar tarefas triviais, embora complexas, como soldar peças de automóvel ou aspirar o pó de uma casa. O que não é nada trivial é uma máquina capaz de pensar como um ser humano. A lei de Moore sugere que o hardware dos computadores está se aproximando do ponto no qual a inteligência artificial será possível.

Essas três áreas oferecem a mesma visão apocalíptica: uma tecnologia que foge ao controle dos seres humanos. Sejam organismos obtidos por engenharia genética que tomam o lugar das criações da natureza, nano-objetos que aspiram a matéria e deixam o planeta coberto por uma gosma cinzenta ou uma raça de robôs procriando como coelhos hiperativos para expulsar os humanos da competição, o que essas visões sombrias têm em comum é a capacidade até agora não realizada de reprodução dos frutos da tecnologia. Plantas assassinas gerando cópias de si mesmas, nano-objetos absorvendo os recursos necessários para produzir cada vez mais nano-objetos ou robôs construindo mais robôs, tudo isso leva a humanidade ao mesmo triste fim: um planeta incapaz de continuar sustentando a vida humana, ou pior, um planeta onde nós, humanos, não conseguimos mais controlar nosso destino, dominados por objetos gerados por nossa própria tecnologia.

Até o momento, um produto tecnológico potencialmente perigoso, como uma bomba nuclear, só pode ser usado uma vez. Segundo os futuristas, os organismos gerados por engenharia genética, os nano-objetos e os robôs estarão livres dessa restrição. Serão capazes de se reproduzir com uma rapidez nunca vista. Quando esse ponto for alcançado, será o início do fim da humanidade como espécie dominante do planeta. Pelo menos, é esse o cenário pintado por tecnopessimistas como Bill Joy, um dos fundadores da Sun Microsystems, que defendeu em 2002 a imposição de severas restrições às pesquisas nessas áreas para evitar esse tipo de "singularidade" tecnológica. Mais adiante voltarei a falar do assunto.

Vamos discutir agora se um dos perigos mais interessantes entre os que foram apresentados, uma praga de robôs, é realmente um candidato viável para relegar os seres humanos à lata de lixo da história.

MÁQUINAS INTELIGENTES

PRATICAMENTE DESDE O INÍCIO da era dos computadores modernos, no

final da década de 1940, a ideia do computador como um "cérebro gigante" tem sido a metáfora dominante. Na verdade, as primeiras descrições populares dos computadores e do que seriam capazes de fazer se referiam a eles como "cérebros eletrônicos". Essa metáfora se popularizou após uma conferência hoje lendária no Dartmouth College, em 1950, sobre o tema atualmente conhecido como "inteligência artificial", o estudo de como fazer um computador pensar como um ser humano. Mais ou menos na mesma época, o inglês Alan Turing, um dos pioneiros da computação, publicou um artigo intitulado "Máquinas de computação e inteligência", no qual defendia a tese de que seria possível criar um computador capaz de pensar como um ser humano. Nesse artigo, Turing chegou a propor um teste, hoje conhecido como *teste de Turing*, para descobrir se um computador estava realmente pensando. Ele estabelece que o computador está pensando como um ser humano se um interrogador humano não é capaz de determinar com certeza se a máquina é um ser humano ou uma máquina através de uma série de perguntas, formuladas sem que o interrogador possa ver o interrogado. O importante aqui é que uma estirpe de robôs, para conquistar o mundo, precisa ter um meio de processar as informações sobre o mundo material que são fornecidas por seus sensores. Em outras palavras, necessita de um cérebro.

A questão é se a tecnologia chegou ao ponto em que um cérebro capaz de dar conta do recado pode ser construído com o tipo de equipamento disponível no momento ou no futuro próximo. (Observação: o robô *não precisa* ser capaz de resolver os mesmos problemas que os seres humanos. Nem é necessário que o robô pense *da mesma forma* que um humano. Basta que um cérebro consiga proporcionar ao robô uma vantagem na competição com os humanos.) Vamos analisar com mais detalhes a questão de qual é o poder de computação necessário para igualar ou exceder a capacidade do cérebro humano.

Para isso, examinemos primeiro o cérebro. Com base em estimativas do grau de processamento necessário para simular funções cerebrais específicas, como a percepção visual, as funções auditivas etc., é possível extrapolar os requisitos de processamento para o cérebro inteiro. Assim, por exemplo, as estimativas sugerem que o processamento visual da retina requer cerca de dez milhões de instruções por segundo (MIPS) ou caracteres por segundo (cps). Como o cérebro humano possui uma massa cerca de 75 mil vezes maior que os neurônios da parte de processamento da retina (mais ou menos um quinto de toda a retina, aproximadamente 0,2 grama), chegamos a uma estimativa de 10^{14} instruções por segundo para o cérebro inteiro. Outra estimativa do mesmo tipo, obtida a partir do sistema auditivo, leva a uma cifra de 10^{15} instruções por segundo para o cérebro inteiro. Outros cálculos resultaram em estimativas semelhantes para o poder de processamento do cérebro humano.

Como isso se compara com um computador? Os computadores pessoais de

hoje realizam cerca de 10^9 instruções por segundo. Aplicando a lei dos retornos acelerados, concluímos que os computadores deverão apresentar um desempenho semelhante ao do cérebro humano daqui a uns quinze anos. Isso em relação ao processamento. E quanto à memória?

Segundo as estimativas, um ser humano que domina uma área como a medicina, a matemática, o direito ou o xadrez consegue se lembrar de cerca de dez milhões de "blocos" de informação, formados por conhecimentos específicos e conexões com outros conhecimentos. Os especialistas acreditam que o armazenamento de cada um desses blocos requer cerca de um milhão de bits. Assim, a capacidade de armazenamento total do cérebro é da ordem de 10^{13} bits. As estimativas da capacidade de memória do cérebro baseadas nas conexões entre neurônios resultam em números maiores, da ordem de 10^{18}.

De acordo com as projeções do aumento da memória dos computadores, deverá ser possível comprar 10^{13} bits de memória por menos de mil dólares daqui a dez anos. Assim, é razoável esperar que uma quantidade de memória igual à de um cérebro humano esteja disponível por volta de 2020.

Combinando as duas estimativas, chegamos à conclusão de que, em menos de vinte anos, deverá ser possível comprar por cerca de mil dólares um computador com uma capacidade de processamento e uma memória comparáveis às do cérebro humano.

O que dizer do software? Não basta que o hardware de um computador tenha uma capacidade igual à de um cérebro humano. Só teremos uma "*killer app*" quando a velocidade, a precisão e a memória infalível do computador forem acompanhadas de inteligência (ou seja, software) em nível humano. Para isso, precisamos fazer a "engenharia reversa" do cérebro, capturando seu software no hardware do futuro.

Quando se trata de simular o cérebro, antes de mais nada precisamos reconhecer que existem muitas diferenças entre um cérebro e um computador. Eis algumas importantes:

> ***Analógico* versus *digital:*** Um computador moderno é essencialmente uma máquina digital, capaz de ligar e desligar comutadores a uma velocidade estonteante. O cérebro, por outro lado, usa uma mistura de processos digitais e analógicos para calcular. Embora nos primórdios da computação as pessoas fizessem muito alarde do aspecto aparentemente digital dos neurônios cerebrais, descobrimos mais tarde que o cérebro humano é um dispositivo predominantemente analógico, que usa gradientes químicos (neurotransmissores) para abrir e fechar os comutadores neuronais. Assim, encontrar uma semelhança entre os circuitos de comutação do computador

e os do cérebro é, no mínimo, forçar a barra.

Velocidade: O cérebro é lento; o computador é veloz. Na verdade, o tempo de ciclo dos computadores mais baratos é bilhões de vezes menor que o tempo de ciclo de um neurônio, que é da ordem de vinte milissegundos. Assim, o cérebro só dispõe de umas poucas centenas de ciclos para reconhecer padrões.

Paralelo* versus *serial: O cérebro possui trilhões de conexões entre seus neurônios. Esse alto grau de conectividade permite realizar um *grande número* de computações em paralelo, diferindo de quase todos os computadores digitais, que realizam uma operação por vez de forma serial.

Essas são apenas algumas das características que distinguem um cérebro humano de um computador. Entretanto, com a capacidade de computação disponível no futuro próximo, será possível simular o cérebro sem realmente tentar imitá-lo. O que é necessário para o próximo estágio da evolução é que os computadores sejam *funcionalmente equivalentes* ao cérebro, e não que reproduzam sua estrutura física.

Dito isso, simular as funções de um cérebro humano usando um computador não é o mesmo que simular um *ser* humano. Ou é? Claro que um cérebro supra-humano desencarnado poderia facilmente substituir seres humanos à base de carbono como a espécie dominante do planeta. Entretanto, mesmo um cérebro desencarnado precisa de um meio físico para existir. Atualmente, esse meio é a placa-mãe, o teclado, o monitor, o disco rígido, os chips de memória RAM e outros componentes. Amanhã, quem sabe? O que sabemos é que a inteligência precisará de *algum* tipo de meio físico. Isso significa dispor de sensores para ter acesso ao mundo exterior, além de algum tipo de interface que separe a inteligência do que está "do lado de fora". Com isso, encerramos a parte dos computadores. E quanto aos robôs?

CÉREBRO NO FRASCO VERSUS ROBBY, O ROBÔ

ENQUANTO ESCREVO ESTAS PALAVRAS no cômodo da minha casa que serve de escritório, na sala de estar um robô chamado "Roomba" aspira diligentemente o pó do tapete e do piso. Tiro o chapéu para os projetistas da iRobot, Inc., que construíram essa engenhoca, pois ela é exímia em uma tarefa que odeio — exatamente o que a maioria de nós espera de um robô. Basicamente, o que desejamos é um autômato que obedeça às nossas ordens sem questioná-las, aliviando-nos de obrigações necessárias, mas cansativas e enfadonhas, como os serviços de limpeza. O que com certeza *não desejamos* é

um grupo de robôs inteligentes que resolvam virar a mesa e fazer com que os humanos passem a fazer as tarefas domésticas para eles. Quais são as possibilidades de que isso aconteça?

Pouco antes de Roomba começar o trabalho na minha sala de estar, eu e um amigo assistimos a *O planeta proibido,* o clássico da ficção científica de 1956 a que já me referi. Embora a tecnologia imaginada pelos produtores do filme cinquenta anos atrás esteja um pouco ultrapassada, o enredo e a moral da história estão tão frescos como os croissants da padaria da esquina.

Os especialistas em efeitos especiais dos anos 1950 estavam longe dos padrões atuais, mas a descrição de Robby, o Robô, uma máquina que serve de motorista, cozinheiro, meio de transporte e faz-tudo para os humanos, é sensacional. Minha mente adolescente ficou fascinada com as possibilidades quando vi o filme pela primeira vez e me maravilhei com a capacidade de Robby de aprender tarefas novas e entender as instruções humanas. Além disso, no final do filme, ele permanece leal aos seus criadores, ao entrar em curto-circuito quando recebe instruções para causar mal a um ser humano.

A questão que a história de Robby levanta é se um robô com essas qualidades quase sobre-humanas obedeceria a algo como as leis da robótica de Isaac Asimov. Por volta de 1940, Asimov propôs as seguintes leis a que um robô deveria estar sujeito para ser um servo perpétuo dos humanos, e não um rival.

> ***Primeira lei*:** Um robô não pode fazer mal a um ser humano ou, por omissão, permitir que um ser humano sofra algum tipo de mal.
> ***Segunda lei*:** Um robô deve obedecer às ordens dos seres humanos, a não ser que entrem em conflito com a primeira lei.
> ***Terceira lei*:** Um robô deve proteger a própria existência, a não ser que essa proteção entre em conflito com a primeira ou a segunda leis.

Uma das leis da robótica (a segunda lei) estabelece que os robôs são escravos dos humanos. Entretanto, esse papel pode ser anulado pela primeira lei, que tem precedência e proíbe que os robôs façam mal aos seres humanos, seja por iniciativa própria, seja obedecendo a ordens de um ser humano. Essa diretriz os impede de executar qualquer ação que possa causar mal aos seres humanos e impede também que os robôs sejam usados como instrumentos de agressão.

A terceira lei equivale a um instinto de sobrevivência. Graças a ela, caso não haja conflito com as duas primeiras leis, um robô

• procura evitar sua destruição por causas naturais ou acidente,
• se defende de ataques de outros robôs e

• se defende de ataques de humanos.

Roger Clarke e outros observaram que, de acordo com a segunda lei, um robô está obrigado a cumprir uma ordem humana para (1) não resistir a ser destruído ou desmantelado, (2) causar a própria destruição ou (3) (até onde isso não for um paradoxo) destruir a si próprio. Em diferentes histórias, Asimov observa que a ordem de se autodestruir não precisa ser obedecida caso ela possa causar mal a um ser humano. Além disso, um robô não está impedido de pedir uma justificativa para esse tipo de ordem.

Uma falha das três leis de Asimov muito importante para nossos propósitos é o fato de que elas se referem a seres humanos como indivíduos. Nada é dito a respeito de ações dos robôs que possam prejudicar um grupo ou, no caso extremo, a humanidade como um todo. Isso nos leva a propor uma lei adicional:

> ***Lei zero*:** Um robô não pode fazer mal à humanidade ou, por omissão, permitir que a humanidade sofra algum tipo de mal.

Essas "leis" da boa cidadania robótica impõem as sérias restrições julgadas necessárias para manter um bando de robôs inteligentes sob controle. Dada a tendência dos seres inteligentes de evoluir para aumentar suas chances de sobrevivência, parece improvável que os robôs do tipo que imaginamos aqui se contentem em servir aos seres humanos que tiverem capacidade de servir a si próprios. No filme de 2004 *Eu, robô*, livremente baseado em um livro de contos de Asimov publicado em 1950, os robôs reinterpretam as leis e chegam à conclusão lógica de que a melhor forma de proteger os humanos é governá-los. O paradoxo aqui é que, para serem realmente úteis, os robôs devem ser capazes de tomar decisões. Assim que adquirem essa capacidade, encontram meios tortuosos de violar as leis da robótica.

Está na hora de voltar à pergunta incômoda: os robôs vão dominar o mundo? A resposta sucinta é… um decidido talvez!

Uma de minhas objeções favoritas às previsões de alguns futuristas de que os robôs assumirão o poder nas próximas décadas é que os corpos dos robôs serão feitos de tecnologia mecânica, não eletrônica. Acontece que a engenharia mecânica não está se desenvolvendo no mesmo ritmo frenético que os computadores. Não existe uma lei de Moore da mecânica. A título de ilustração, se os automóveis tivessem sido aperfeiçoados com a mesma rapidez que os computadores, teríamos hoje carros menores do que uma caixa de fósforos viajando a velocidades supersônicas, transportando tantos passageiros quanto um trem e consumindo uma colher de chá de gasolina. Em suma, o tamanho importa

quando se trata de tecnologia mecânica, e a regra é que, quanto maior, mais poderoso. No caso dos computadores, acontece justamente o contrário.

Assim, mesmo que venhamos a construir robôs centenas de vezes mais inteligentes que os humanos daqui a algumas décadas, os humanos continuarão a desfrutar de uma grande superioridade do ponto de vista mecânico. Os humanos serão capazes de derrubar um robô sem precisar fazer muita força, subirão escadas e árvores com muito mais facilidade que qualquer robô sobre rodas e, de forma geral, superarão os robôs em quase todas as tarefas que exijam a capacidade delicada de manipulação de nossas mãos e nossos dedos.

Se eu gostasse de apostas, não hesitaria em apostar na superioridade humana no que diz respeito à destreza mecânica, mesmo sabendo que já dispomos de robôs capazes de realizar operações cirúrgicas por controle remoto e de soldados robóticos que executam missões em áreas infestadas de minas terrestres, gases venenosos e outros perigos. O fato de que conseguem executar essas tarefas é realmente impressionante. Entretanto, essas são máquinas de uso específico, como o aspirador Roomba, projetadas para realizar um trabalho bem definido… e apenas esse trabalho.

Os seres humanos, por outro lado, têm uma capacidade muito maior de reformular os planos quando deparam com imprevistos. Claro que se poderia argumentar que, quando o cérebro robótico começar a superar o humano em sua capacidade de processar informações e de se adaptar a imprevistos, nossos dias podem estar contados. Com essa possibilidade em mente, retornemos à questão da singularidade e examinemos *quando* isso poderá ocorrer.

A SINGULARIDADE

NO ARTIGO DE VINGE de 1993 que desencadeou os debates a respeito da Singularidade, são esboçados diversos caminhos que poderiam levar à criação tecnológica de uma inteligência trans-humana. Entre eles, segundo o próprio Vinge, estão os seguintes:

- São criados computadores "conscientes" dotados de inteligência sobre-humana.
- Grandes redes de computadores (como a internet, por exemplo) e seus usuários se tornam uma entidade com inteligência sobre-humana.
- As interfaces homem/computador se tornam tão sofisticadas que os usuários humanos adquirem uma inteligência sobre-humana.
- Os biólogos descobrem meios artificiais de aumentar a inteligência humana.

Os três primeiros elementos da lista envolvem avanços na área dos

computadores, enquanto o último é basicamente genético. Todos podem ser facilitados por descobertas no campo da nanotecnologia. Assim, as três tecnologias mencionadas anteriormente contribuem para a criação da singularidade. Além disso, uma vez que essa inteligência ganhe "vida", é provável que leve a um surto exponencial de criação de inteligências ainda maiores.

Do ponto de vista humano, as consequências do surgimento dessas inteligências sobre-humanas são incalculáveis. Todas as velhas regras serão descartadas, talvez em poucas horas! Mudanças que antes levariam gerações ou milênios poderão acontecer em poucos anos… ou menos.

Na próxima década, o movimento rumo à singularidade provavelmente mal será notado. Quando, porém, o hardware dos computadores atingir um nível bem acima da capacidade humana, os sintomas se tornarão evidentes. Veremos máquinas assumirem cargos de responsabilidade, como os de gerência, antes considerados uma prerrogativa dos seres humanos. Outro sintoma será uma disseminação mais rápida das ideias. Claro que já contamos com os computadores para uma série espantosa de tarefas apenas no contexto das comunicações, como descrevi no capítulo dedicado à internet. Entretanto, mesmo em uma atividade corriqueira como escrever este livro, estremeço ao pensar como eram as coisas três décadas atrás, quando escrevi minha primeira obra… literalmente à mão! Esse pensamento é um sinal de alerta para o que acontecerá ao nos aproximarmos da singularidade.

Como será quando a singularidade realmente chegar? Segundo Vinge, será como se nossos artefatos simplesmente "acordassem". No momento em que transpusermos seu limiar, estaremos na era pós-humana.

O ponto mais crucial aqui é se a singularidade é realmente possível. Se conseguirmos nos convencer de que poderá de fato acontecer, somente a destruição total da sociedade humana poderá evitá-la. Ainda que todos os governos do mundo tentassem impedi-la, os pesquisadores encontrariam meios de continuar progredindo até a meta. Em suma, se algo pode ocorrer, ocorrerá — a despeito do que os governos, ou as sociedades como um todo, possam pensar disso. Esse é o rumo natural da curiosidade e da inventividade humanas. E nenhum discurso político bombástico ou moralismo fanático irá mudar esse estado de coisas.

Assim, supondo que a singularidade *possa* ocorrer, quando acontecerá a "transição"? Parece haver um consenso razoável quanto à resposta: dentro dos próximos vinte a trinta anos. O futurista da tecnologia Ray Kurzweil foi ainda mais específico. No livro *The Singularity Is Near*, que se tornou uma espécie de bíblia dos profetas da singularidade, ele afirma:

Fixei a data da singularidade — no sentido de uma transformação profunda e

disruptiva da capacidade humana — em 2045. A inteligência não biológica criada nesse ano será um bilhão de vezes mais poderosa que toda a inteligência humana atual.

Isso é que é previsão precisa!

De minha parte, embora acredite firmemente que *haverá* uma singularidade, encaro com ceticismo o anúncio da data em que ela acontecerá. Os argumentos baseados na lei de Moore, na lei dos retornos acelerados, na curiosidade humana e tudo mais, levando a esse "grande" evento daqui a algumas décadas, me fazem lembrar os pronunciamentos, no início da década de 1950, dos defensores da inteligência artificial sobre o que os computadores fariam (ou não) nos anos vindouros. Previa-se que eles se tornariam campeões mundiais de xadrez em menos de dez anos, fariam traduções com a mesma competência que um tradutor humano e em uma fração do tempo, poderiam ser usados como mordomos eletromecânicos para servir um dry-martíni após um dia exaustivo no escritório e assim por diante. Bem, algumas dessas previsões foram cumpridas, como aconteceu quando um computador (Deep Blue II) derrotou o campeão mundial de xadrez (em 1997, não na década de 1960, e com métodos totalmente diferentes dos de um jogador humano), enquanto outras estão mais distantes do que nunca (a tradução por computador ainda deixa muito a desejar). Na verdade, o método usado pelos profetas da singularidade é o mais comum na área da futurologia: extrapolar as tendências atuais, ignorando a possibilidade de que aconteçam surpresas no caminho. Por outro, os percalços podem apenas protelar o dia da prestação de contas, e suspeito fortemente que, antes do final do século, surgirá o tipo de inteligência sobre-humana necessário para que a singularidade ocorra.

SINTETIZANDO

O AUMENTO DA COMPLEXIDADE no mundo das máquinas está rapidamente ultrapassando o lado humano da equação. Ao contrário de algumas sobrecargas de complexidade a que me referi anteriormente, como um ataque de PEM ou o colapso da internet, a singularidade é um evento X que levará décadas, não minutos ou segundos, para acontecer. Entretanto, seus efeitos serão dramáticos e irreversíveis, expulsando os humanos do centro do palco do grande drama evolutivo da vida neste planeta.

Apresentei, portanto, os argumentos a favor e contra o fim da era humana. Em última análise, parece uma boa aposta que o problema das três tecnologias levará ao tipo de inteligência transcendente introduzido pela singularidade.

A GRANDE CRISE

DEFLAÇÃO GLOBAL E O COLAPSO DOS MERCADOS FINANCEIROS MUNDIAIS

SEM GRANA EM WASHINGTON, D.C.

NO INTERESSANTE *BEST-SELLER The Day After the Dollar Crashes* [O dia depois que o dólar cair], o analista financeiro e comentarista Damon Vickers pinta um cenário de uma semana que começa com os mercados cambiais funcionando normalmente e culmina em uma ampla campanha popular pela reforma do sistema político americano. Aqui estão alguns marcos ao longo da estrada de Vickers, da normalidade à loucura, e vice-versa.

Quarta-feira, 10h: O governo americano promove seu leilão habitual de títulos do Tesouro, solicitando ao mundo que financie o modo de vida perdulário do país. Os Estados Unidos vêm pedindo dinheiro emprestado a um para pagar a outro há décadas; portanto o Tesouro prevê outro leilão de rotina de sua dívida para continuar o esquema Ponzi ("pirâmide") em nível global. Mas, para o espanto do governo e dos mercados financeiros, o mundo enfim resolve endurecer e diz: "Nada disso."

Domingo (à noite) a segunda-feira (de manhã), Nova York e Ásia: Dadas as complexas interligações e altas correlações entre os mercados financeiros globais (rede de alta complexidade), quando a dívida americana não consegue encontrar compradores, os mercados de câmbio asiáticos despencam, provocando a queda livre dos mercados ao redor do mundo. A Bolsa de Valores de Nova York (NYSE) abre às 9h30 e fecha vinte minutos depois, soterrada por uma avalanche de ordens de venda.

Terça-feira, 11h30: A Bolsa de Nova York abre com duas horas de atraso depois que os mercados globais afundaram quase 10% em relação ao fechamento de sexta-feira.

Sexta-feira, 14h: Após uma ligeira recuperação que durou de terça-feira até a manhã de sexta, as bolsas na Europa e nos Estados Unidos continuam cair, mesmo diante de um grande aumento da taxa de juros americana.

A história fica ainda pior, já que todos estão vendendo tudo: ações, títulos, moedas, commodities. A confusão reina, suprema, enquanto o pânico dá a volta ao mundo. Na quarta-feira, o FMI e outras instituições financeiras globais criam um novo sistema de câmbio mundial, ordenando que todos os países parem de imprimir suas moedas nacionais. E assim por diante. Pergunta: trata-se apenas de uma fantasia criada para provocar a imaginação? Ou existe uma possibilidade real de tal pânico vir a acontecer?

A pergunta interessa a todos que possuem uma conta bancária, um emprego, que administram uma empresa ou simplesmente gastam dinheiro. A economia global é impressionante, com o PIB global beirando os cem trilhões de dólares. O sistema financeiro de bancos, corretoras, associações de empréstimo e poupança etc. serve de veículo para que esse enorme mar de dinheiro se transfira de um lugar para outro, conforme necessário. Assim, um congelamento (ou colapso, se você preferir) do sistema financeiro seria como despejar areia no sistema de lubrificação de seu carro. O carro não irá muito longe sem lubrificação, nem a economia mundial sem o sistema financeiro global. Agora retornemos à questão de se o cenário anterior é um quadro realista do que poderia acontecer ou um mero delírio fantasioso.

Para responder a essa pergunta, tudo que precisamos fazer é olhar as notícias dos primeiros dias de agosto de 2011, mudando alguns pequenos detalhes do cenário de Vickers para refletir as preocupações globais com a crise da dívida da zona do euro — na qual a Grécia estava (está?) ameaçando dar o calote de sua dívida —, acrescentar o rebaixamento da dívida do governo dos EUA por uma agência de classificação de risco, o que por sua vez espanta os investidores que começam a se preocupar com a solvência do Tesouro americano, e por fim salpicar um pouco da preocupação legítima com a disposição dos legisladores daquele país em agir nos melhores interesses da nação, e não no interesse próprio.

Para que tal pânico tenha início, muitas condições teriam de ser satisfeitas mais ou menos ao mesmo tempo. Elas incluem uma fraqueza contínua do sistema financeiro americano provocada, por exemplo, por uma crise da dívida ou um enfraquecimento do perfil econômico nos Estados Unidos, um evento que sirva para deflagrar o pânico e, é claro, uma alternativa viável aos investimentos em ações e títulos americanos. A alternativa-padrão a que muitos costumam recorrer é o ouro. Mas poderia ser praticamente qualquer repositório de valor reconhecido, como diamantes, petróleo, medicamentos, platina ou, o mais

comum, dinheiro vivo.

O interessante é que, embora a qualidade de investimento da dívida do Tesouro americano em forma de letras de longo prazo fosse rebaixada por uma das principais agências, quando tudo veio abaixo, no início de agosto de 2011, o porto seguro preferido pelos investidores para depositar o dinheiro retirado do mercado de ações foram (você adivinhou!) os títulos do Tesouro americano. Com isso, o preço desses instrumentos disparou mais de 20% em menos de dois meses! Mas será que alguém imaginou que aconteceria o inverso? Afinal, quando os mercados entram em pânico e os vendedores ficam com um punhado de dinheiro na mão, esse dinheiro precisa ir para algum lugar. Acabou sendo aplicado exatamente onde o pensamento convencional dizia que não deveria/poderia: na dívida do governo americano, sob a forma de títulos de longo prazo do Tesouro. Quando em dúvida, negocie com o diabo que você conhece, neste caso o governo americano.

Esse fato mostra, melhor do que qualquer estatística, que o que importa no mundo das finanças é a confiança. Em outra palavra, credibilidade. A instituição que detém seu dinheiro estará em condições de devolvê-lo quando você precisar? Ou as portas estarão fechadas quando você e milhares de outros aparecerem para sacar seu dinheiro? O governo americano tem sido o padrão platina nesse aspecto desde o final da Segunda Guerra Mundial. Se vai conservar essa posição privilegiada no futuro próximo, ainda não sabemos. Mas por ora o Tesouro americano, em Washington, D.C., parece ser a melhor dentre um conjunto pouco atraente de alternativas.

Como a história de um colapso do setor financeiro americano está intimamente ligada ao destino da economia americana ou, na verdade, de toda a economia global, enfocarei aqui como a sobrecarga de complexidade culminou na atual crise financeira mundial. Essa história levará à descrição de uma tempestade deflacionária se formando em um horizonte não tão distante assim, ameaçando lançar toda a economia mundial numa espiral da qual levará décadas para sair.

• • •

DA PERSPECTIVA ATUAL, É impressionante a fé que a comunidade global deposita nos bancos centrais e nos reguladores financeiros para afastar qualquer ameaça à integridade do sistema financeiro mundial. Como disse Paul Seabright num artigo para a *Foreign Policy*, construímos uma "Linha Imaginot", alusão às fortificações defensivas estáticas que não conseguiram proteger a França da invasão alemã na Segunda Guerra Mundial. Seabright identifica três defesas econômicas principais contra a crise financeira, cada uma vulnerável

isoladamente, mas que tomadas em conjunto pareciam inabaláveis em 2008.

O primeiro nível de defesa foi o *seguro de depósitos*. Essa parte da "linha" foi criada para proteger contra a ideia de que a crise bancária dos anos 1930 foi causada pelo pânico e pela corrida aos bancos dos pequenos correntistas e empresas varejistas. Com um seguro de depósitos como o da Federal Deposit Insurance Corporation, o problema desaparece — ao menos para os pequenos correntistas.

O chamado problema do *risco moral*, em que os bancos com correntistas segurados não se sentem motivados a investir com cuidado o dinheiro deles e os correntistas não têm motivação para escolher com cuidado os bancos onde aplicam seus fundos, serve para destacar o segundo nível de defesa. A solução para o problema do risco moral foi a criação de uma complicada estrutura de regulamentações financeiras, com requisitos de capital para impedir que os bancos fossem imprudentes e perdessem o dinheiro dos pequenos correntistas. Mas essas regras não se aplicaram aos grandes investidores profissionais, supostamente dispostos a arcar com seus próprios riscos. A rede de segurança era considerada à prova de falhas, significando que, quaisquer que fossem os riscos do sistema, quem arcaria com eles seriam os outros, não os próprios investidores. Ainda no final de 2003, o Prêmio Nobel de Economia Robert Lucas assegurava à Associação Econômica Americana que o "problema central da prevenção da depressão havia sido resolvido, para todos os fins práticos".

Finalmente, a terceira linha do triângulo defensivo foram os *bancos centrais*. A partir da década de 1930, eles foram incumbidos de manter os preços estáveis e, como tarefa secundária, promover a produção econômica e manter sob controle o desemprego. Nesse esquema protetor tripartite, o banco central era visto como a suprema corte de apelação, que absorveria quaisquer rachaduras no edifício emergindo de uma das duas primeiras linhas de defesa. Então o que deu errado?

Em termos sucintos, a falha fatal no sistema foi que qualquer problema que surgisse era visto por cada um dos três "xerifes" como sendo da jurisdição dos outros dois. Por exemplo, os reguladores viam os aspectos especulativos dos contratos hipotecários como um problema do banco central, enquanto o banco central os via como um problema dos reguladores. E ninguém os via como um problema de seguro de depósitos. Isso soa familiar? Qualquer problema que entrasse por uma das três portas era imediatamente chutado para um dos outros dois departamentos. Em suma, ninguém era responsável. Essa "negligência benigna" fez com que o próprio ato de reduzir riscos aparentes na verdade ampliasse drasticamente os riscos reais.

O resultado final foi que a crença em salvaguardas na verdade inexistentes levou as pessoas a achar seguro correr riscos que eram muito maiores do que elas imaginavam. A crença compartilhada de que as autoridades tinham a

situação sob controle era totalmente inapropriada. O colapso metafórico resultante do sistema financeiro assemelha-se ao colapso ocorrido no reator nuclear japonês da usina de Fukushima Daiichi em março de 2011, descrito na Parte I. Nesse caso, a falta de complexidade do sistema de controle (a combinação da altura do muro e o local do gerador) foi sobrepujada pelo excesso de complexidade do sistema a ser controlado (a magnitude do terremoto e o tsunami subsequente).

O colapso do sistema financeiro resultou do mesmo tipo de descompasso de complexidade. Os especuladores viram um período prolongado, desde a década de 1980, em que os mercados ofereceram somente lucros, sem sequer o potencial de prejuízos, para quem assumisse riscos maiores. Assim, os planejadores financeiros criaram conjuntos estonteantes de instrumentos financeiros cada vez mais complicados que no final sequer seus criadores conseguiam entender. Os *Credit Default Swaps* (CDSs) são provavelmente os mais bem documentados desses instrumentos exóticos, envolvendo o que equivale a contratos de seguro que remuneram caso uma obrigação de dívida específica, como o pagamento de títulos da dívida de um país, não seja saldada. Os CDSs não são títulos reais no sentido clássico da palavra, por não serem transparentes, não serem negociados em bolsa, não estarem sujeitos às leis atuais que regem os títulos e não serem regulamentados. Estão, porém, em risco — ao custo considerável de 62 *trilhões* de dólares (segundo estimativa da International Swaps and Derivatives Association). Como resultado desses “instrumentos de destruição financeira em massa”, a complexidade do setor de serviços financeiros disparou à estratosfera.

Os CDSs não são os únicos responsáveis pela complexidade crescente do setor de serviços financeiros. As transações computadorizadas em alta velocidade, a Lei Glass-Steagall, que desregulamentava os bancos e permitia que se envolvessem em operações especulativas, bem como os enormes lucros acumulados pelos bancos de investimentos e fundos de hedge nos últimos trinta anos, cada um desses fatores deu sua própria contribuição para um nível de complexidade que supera a capacidade de plena compreensão e mesmo de controle dos banqueiros e operadores.

No entanto, como ficam os reguladores, as seguradoras e os bancos centrais? A essa altura, você sabe a resposta. A complexidade desse sistema de controle foi realmente enfraquecida por ações legislativas como a já citada Lei Glass-Steagall, numa época em que a complexidade do sistema financeiro que deveriam supervisionar crescia exponencialmente com cada novo produto oferecido pelos magos de Wall Street. Os bancos centrais e seus órgãos reguladores dispunham, em 2007, basicamente das mesmas ferramentas dos últimos cinquenta anos. O desnível de complexidade emergente era um desastre esperando para desmoronar o sistema. A crise de que ainda estamos

“desfrutando” é o meio de o mundo real retificar esse desequilíbrio, um processo que envolve extrair penosamente o risco e a alavancagem insustentáveis do sistema financeiro.

Caso você tenha hibernado nos últimos anos e não tenha percebido, o desnível de complexidade entre o sistema financeiro e seus reguladores *continua* aumentando. Para vermos como provavelmente ele será eliminado, precisamos examinar mais de perto como a economia americana se transformou nas últimas décadas e como essa transformação deu origem ao estado precário em que se encontra hoje em dia.

EXCESSO DE REALIDADE

UM PERSONAGEM DE *CRIME na catedral*, peça de T. S. Eliot, observa: “A humanidade não suporta muita realidade.” Embora essa afirmação se refira ao contexto do assassinato de Thomas Becket na Catedral de Canterbury em 1170, a natureza humana não mudou muito desde que essas palavras foram escritas e, na verdade, nem desde a época do assassinato de Becket. Uma dessas superdoses de realidade repousa no núcleo da Grande Recessão pós-2008. Um olhar mais atento na causa derradeira desse colapso financeiro lança uma luz oportuna sobre as razões que levam um colapso econômico global a se tornar mais provável a cada dia que passa.

A condenação, em 2011, do bilionário gerente de fundo de hedge Raj Rajaratnam, acusado de *inside trading* (transações com base em informações privilegiadas), voltou a atenção da mídia para a impunidade daqueles identificados pelo grande público como os verdadeiros culpados do colapso de 2007-2008. Segundo os especialistas, o público quer o sangue das sanguessugas de Wall Street que perpetraram a afronta financeira, e o julgamento de Rajaratnam serviu para chamar atenção para essa sensação de indignação. Nas palavras do colunista de economia Robert Samuelson: “A história foi toda sobre crime e castigo, quando deveria ter sido sobre alta meteórica e colapso.” Em sua análise da Grande Recessão, Samuelson observa que a esquerda e direita políticas possuem cada uma seu próprio conjunto de culpados, mas que nenhum lado é realmente capaz de contar uma história convincente. Talvez por isso tão poucos “criminosos” reais tenham sido levados ao banco dos réus. Na verdade, a resposta certa à pergunta de quem realmente provocou o colapso é: *todos os americanos contribuíram*.

A pergunta que não quer calar é: Por que praticamente todos aderiram à euforia e não deram ouvidos aos que previam um colapso? A resposta não é difícil: pouquíssimos operadores e investidores que atuavam no mercado nos anos antes de 2008 haviam experimentado algo diferente da prosperidade e partiam

do princípio que sempre seria assim. A confiança se conjugou a uma crença implícita de que os economistas — como Alan Greenspan, do Fed, ou aqueles do Fundo Monetário Internacional e do Banco Central Europeu — haviam dominado a ciência de como manter uma economia estável e de que seus conhecimentos evitariam outra Grande Depressão no estilo da dos anos 1930. Em suma, todos consideravam que uma economia estável e próspera era uma realidade imutável, um estado de graça econômica celestial que persistiria *ad aeternum*. Samuelson argumentou: "O legado mais significativo da crise é uma perda do controle econômico." Esses pensamentos foram repetidos pelo Prêmio Nobel Paul Krugman, que descreveu a emergência não como de (má) gestão do setor imobiliário ou mesmo da economia, mas como uma crise de fé das pessoas em todo o sistema econômico. Os investidores não acreditam mais que máquinas de ganhar dinheiro altamente complexas e livres de risco, como obrigações da dívida colateralizada, títulos negociados em leilões ou qualquer dos outros instrumentos financeiros sofisticados concebidos pelos "magos" de Wall Street, funcionarão como devem. Essa perda de confiança num sistema leva a uma espécie de profecia autorrealizável, como foi descrito. *Uau*. *Então isso* pode *acontecer aqui. E* pode *acontecer de novo*.

Num artigo na revista *Atlantic* em 2010, Derek Thompson e Daniel Indiviglio, editores seniores, delinearam cinco formas de a economia mergulhar num buraco recessivo… ou em algo pior. Listei-as aqui partindo da mais provável para a menos provável, de acordo com a avaliação dos autores. Convido os leitores a alterarem essa ordem segundo suas próprias crenças à luz dos acontecimentos do momento em que estiverem lendo este capítulo.

O mercado imobiliário desaba: Estreitamente aliado ao enorme problema de desemprego nos Estados Unidos está o mercado imobiliário anêmico. A diminuição na venda de casas e as execuções de hipotecas continuam, ou talvez até aumentem, forçando ainda mais a queda dos preços dos imóveis. Isso, por sua vez, dificulta que os proprietários se livrem de hipotecas com que eles não conseguem mais arcar, contribuindo para um número ainda maior de execuções. O resultado final é que os preços menores dos imóveis encorajam as pessoas a poupar mais e gastar menos, levando a uma queda acentuada nas ações e a um aperto maior dos mercados de crédito. No final das contas, o crescimento se torna negativo e a economia chega ao limiar de uma colossal espiral deflacionária.

Os gastos dos consumidores continuam em declínio: A crença das pessoas numa recuperação econômica diminui, e os gastos se reduzem a quase nada. O mercado de ações é dominado pelo pessimismo, conforme as receitas das empresas se reduzem, o desemprego continua subindo e o

governo nada faz além de imprimir dinheiro. Os mercados começam a cair um ponto percentual ou mais por vários dias seguidos, e, à medida que veem suas economias desaparecendo ante seus olhos, as pessoas reduzem ainda mais os gastos. De novo, o crescimento se torna negativo e a deflação avulta.

O retorno dos ativos tóxicos: Em suas saídas financeiras, o Departamento do Tesouro pretendia comprar os ativos imobiliários tóxicos mantidos pelos bancos. Mas, como não conseguiu descobrir como fazê-lo com rapidez suficiente para ajudar, o que aconteceu foi que os bancos apanharam o dinheiro — mas conservaram os "ativos". À medida que os valores dos imóveis residenciais e comerciais continuam caindo, o mesmo ocorre com os valores desses ativos tóxicos que permanecem nos cofres e nos livros contábeis de todos os grandes bancos. Conforme esses ativos sofrem outra rodada de depreciação, os mercados vendem barato, o crédito encolhe e o crescimento fica negativo mais uma vez.

A Europa entra em colapso: O crescimento lento nos países do sul da zona do euro leva os investidores a demandar taxas maiores de retorno pelos títulos desses países. Isso leva a novas medidas de austeridade, basicamente aumentos de impostos e cortes de gastos, o que por sua vez sufoca os mais importantes exportadores de bens, em especial da China e até dos Estados Unidos. Fugindo do euro, o dólar se valoriza por um tempo, prejudicando ainda mais as exportações dos EUA para a Europa. De novo, o mercado de ações acaba despencando à medida que a indústria encolhe e os déficits comerciais atingem um nível insustentável. O consumidor americano novamente se retrai, sufocando o mercado doméstico, e (você adivinhou) o crescimento se torna negativo.

Dívidas, dívidas e mais dívidas: A incerteza quanto ao processo político americano leva os compradores dos títulos do Tesouro americano a demandar taxas de juros maiores para contrabalançar o risco de um Congresso cada vez mais volúvel. Isso reduz o valor dos fundos de pensão e fundos mútuos detentores de títulos da dívida do governo americano, obrigando as pessoas a poupar ainda mais e a gastar menos. Essa dinâmica, então, dá origem a uma escolha de Hobson: reduzir impostos para promover os gastos dos consumidores ou elevar os impostos para satisfazer os compradores de títulos. Ambas as alternativas levam a um colapso econômico deflacionário.

Na verdade, *todos* esses diabinhos mostraram suas garras no último ano, e a ordem de prioridade do que vai afundar a economia muda dia a dia como uma gota d'água numa caçarola quente. Neste momento, o problema da dívida da

zona do euro parece predominar. Mas quem sabe qual será o vilão de amanhã? Na verdade, não importa, porque qualquer um deles é suficiente para nos lançar no colapso financeiro e econômico terminal.

Examinamos assim o passado recente e o presente imediato. Vimos governos na Europa e nos Estados Unidos tentando lançar dinheiro no problema da complexidade crescente do sistema financeiro, sem grande sucesso em reduzir o desnível entre o sistema e seus reguladores. No mínimo, ele está aumentando. Portanto, dedicarei algumas páginas agora para descrever as consequências prováveis desse fracasso. O que podemos esperar no curto prazo quanto ao perfil econômico e financeiro dos Estados Unidos e do mundo? É aí que as coisas começam realmente a ficar interessantes.

A INCRÍVEL TORTA QUE ENCOLHEU

RECENTEMENTE, ANDEI OUVINDO UM monte de supostos *experts* financeiros e examinei um lamaçal de blogs financeiros, cada um oferecendo ao grande público sua análise retrospectiva idiossincrática de por que os mercados vinham caindo, em vez de dispararem. Nessa busca ampla do nirvana financeiro, decidi examinar algumas de minhas fontes regulares que publicam o que acredito serem as análises mais ponderadas dos acontecimentos financeiros e sociais. Nelas, encontrei a seguinte afirmação de Steven Hochberg, da Elliott Wave, International, destacando uma série de aspectos intrigantes sobre o que está ocorrendo neste momento. Eis o que ele disse, em seu informativo de 8 de setembro de 2011:

> *Os EUA foram rebaixados pela S&P e um dos maiores investidores americanos da história, Warren Buffett, foi posto em observação negativa pela mesma agência de classificação de risco (os títulos da Berkshire Hathaway). Os papéis de curto prazo do governo americano estão rendendo zero. As ações estão despencando e o ouro continua a ganhar força. De acordo com a maioria dos prognosticadores do dólar, a verdinha deveria estar sendo esquecida. Mas não está despencando, pelo menos não agora. Ao contrário, o índice do dólar americano permanece acima (...) da grande baixa atingida em março de 2008, mais de três anos atrás. A única explicação para tal comportamento é a deflação.*

Ele disse deflação? Quase todas as pessoas já ouviram falar de inflação, e muitos de nós sabemos vagamente o que significa: aumento dos preços. Mas *deflação* é uma palavra quase eliminada do dicionário nas últimas décadas. O que é, e por que é tão importante?

Ao pé da letra, deflação é simplesmente o contrário de inflação: um declínio dos preços, no lugar de um aumento, talvez acompanhado de uma contração do crédito e uma redução da quantidade de dinheiro disponível. Parece bom… a princípio. Quem não gostaria de ver os preços da gasolina, dos iPads e do churrasco diminuírem? Porém, como com um monte de coisas que parecem atraentes à primeira vista, um olhar mais atento revela alguns aspectos nefastos dos quais gostaríamos de manter distância. Eis por que os economistas e formuladores de políticas temem a deflação como a própria peste.

O problema central é o que se costuma denominar de "espiral deflacionária", uma via quase de mão única para o crescimento econômico zero, a falta de empregos e pouquíssima esperança. Os passos desse declínio precipitado constituem a espiral deflacionária:

1. Os preços caem, reduzindo as receitas das empresas, bem como os lucros com a venda de seus produtos e serviços.

2. As empresas demitem trabalhadores para se ajustarem aos lucros menores, e esses recém-desempregados gastam menos dinheiro.

3. As empresas precisam reduzir os preços para atrair de volta à caixa registradora os consumidores preocupados com os custos, o que leva os preços a caírem mais ainda.

4. Volte ao Passo 1 para completar o ciclo… mas agora com preços ainda menores.

E assim por diante: preços menores para menos consumidores e preços ainda menores para ainda menos compradores *ad infinitum* conforme a economia inteira vai perdendo ritmo e acaba atingindo um piso onde cai morta. Sair dessa queda livre é dificílimo, pois quem tem dinheiro passa a adotar a atitude: "Por que cargas-d'água comprar hoje se os preços estarão menores amanhã?"

Existem diversas sutilezas econômicas envolvendo o relacionamento entre custos de mão de obra, matérias-primas, intervalos de tempo etc. que entram nos detalhes dessa história, turvando um pouco as águas. Mas esses pormenores são irrelevantes à questão que nos interessa aqui: os acontecimentos que desencadeiam a deflação. Em outras palavras, agora que sabemos o que acontece quando estamos sob o poder de uma espiral deflacionária, como é que o processo de fato tem início?

• • •

EXISTEM TRÊS CAMINHOS PARA o fatídico primeiro passo na estrada para a deflação:

1. Uma *bolha especulativa* estoura, acarretando uma série de falências de bancos.

2. Indivíduos, instituições e/ou governos nacionais *dão o calote de suas dívidas.*

3. O banco central *eleva as taxas de juros* excessivamente e rápido demais a fim de combater a inflação.

O resultado de qualquer um desses caminhos é menos dinheiro disponível para ser emprestado aos consumidores e para as pessoas investirem em seus negócios. Isso significa que o crédito, a força vital de qualquer economia moderna, encolhe, de modo que menos dinheiro está sendo gasto. Esse fator, por sua vez, inicia a espiral deflacionária. Aliás, essa é a principal razão por que governos como o dos Estados Unidos dão cambalhotas para impedir a falência dos bancos, especialmente dos grandes.

A crise econômica americana atual é claramente uma combinação dos caminhos A e B, já que ninguém consegue lembrar a última vez que o Federal Reserve, o Banco Central americano, elevou as taxas de juros ou a última vez que alguém expressou uma preocupação genuína com a inflação.

Segundo o pensamento convencional, para romper a espiral deflacionária é preciso reduzir as taxas de juros de modo a pôr mais dinheiro em circulação. Esse fluxo de dinheiro supostamente colocará em movimento a economia, levando a mais empregos, mais consumo e, por fim, a um aumento dos preços. Mas o que acontece quando a espiral deflacionária começa numa época em que as taxas de juros já estão nos níveis mínimos, que é a realidade americana desde o início de 2000? Ao contrário dos períodos inflacionários, quando o banco central pode aumentar as taxas à vontade para conter as altas dos preços, as taxas não podem cair abaixo de zero para se combater a deflação. Muitas vezes esse fator é chamado de "armadilha da liquidez". A única saída é o governo injetar enormes quantidades de dinheiro na economia através de gastos. Foi assim que os governos ao redor do mundo encerraram a Grande Depressão dos anos 1930.

Atualmente, esse caminho de "gastar até não poder mais" também está fechado, devido ao imenso endividamento dos Estados Unidos e dos países da Europa (sem falar na influência dos movimentos, como o Tea Party, nos EUA, contrários à interferência excessiva do governo). Para injetar o tão necessário dinheiro na economia, os governos precisam ter esse dinheiro disponível. Ele pode vir de diversas fontes, cada uma com seu próprio conjunto de problemas

associados. A primeira fonte óbvia são os empréstimos vindos da China, do Japão e de outros países asiáticos, que há anos enviam suas enormes poupanças no exterior para sustentar o estilo de vida descontrolado dos Estados Unidos e da Europa. Ou o dinheiro pode vir das impressoras trabalhando 24 horas por dia para magicamente fazê-lo surgir do papel. Quem empresta agora reluta em trocar dinheiro bom por dinheiro ruim do Tesouro americano. Além disso, transformar papel em dinheiro abre a possibilidade bem real da *hiperinflação*. É algo difícil de imaginar, mas é uma solução ainda pior do que suportar um período de deflação como uma forma de purgar o sistema financeiro dos excessos criados pela bolha especulativa da década de 1990. A hiperinflação destruirá o dólar, destruirá o que resta da classe média americana e acabará destruindo a economia inteira. Se não acredita, dê uma olhada na Alemanha de Weimar, no início dos anos 1920, ou, ainda, no Zimbábue atual. Outra possível fonte de financiamento seria o aumento dos impostos sobre pessoas físicas e jurídicas, um tabu político em quase toda parte. Além disso, é difícil imaginar como retirar dinheiro do bolso dos cidadãos ou das empresas pode estimular os gastos dos consumidores, que representam mais de dois terços de uma economia como a dos Estados Unidos. Finalmente, existe a "solução PIGS", que vem sendo tentada atualmente em *P*ortugal, *I*rlanda, *G*récia e E*s*panha [*S*pain] e preconiza aumentos nos impostos *e mais*: reduções drásticas nos serviços governamentais, desde a assistência médica até as aposentadorias e a educação.

O que é importante manter em mente aqui é que desfazer a deflação envolve mais do que apenas uma injeção de dinheiro no sistema. A solução é ao menos tão psicológica quanto econômica, já que o efeito de um desnível crescente de complexidade muitas vezes se manifesta num arrefecimento da crença da sociedade de que o futuro será pior do que o presente (estado de espírito pessimista), levando por fim a uma crença de que o futuro será melhor, bem melhor do que o presente (estado de espírito otimista). Uma vez ocorrida essa mudança na polaridade, as pessoas voltam a gastar dinheiro, por acreditarem que conseguirão um emprego ou conservarão o que já têm. Mas não serão os incentivos do governo ou os livros de autoajuda que operarão essa mudança. Na verdade, ela costuma acontecer quando algum evento X de grande porte abala as pessoas, sacudindo-as e as levando para uma nova órbita psicológica. Infelizmente, esse choque costuma ser uma guerra, uma grande guerra — mais um motivo para usarmos todos os meios possíveis a fim de impedir o mergulho na depressão econômica, que é o ponto final do ciclo deflacionário.

Suponhamos agora que o mundo dos próximos dez, vinte ou trinta anos só nos ofereça o segundo pior resultado, uma deflação global acompanhada de uma depressão mundial, e consiga evitar a hiperinflação que destroçaria a economia mundial. Como seria a vida?

Mais no início deste capítulo, observei que a palavra *deflação* quase não é mais pronunciada nos círculos sociais e que um grande motivo para isso é que — como mencionado antes em relação ao crescimento aparentemente incessante dos mercados — não existe ninguém nos Estados Unidos capaz de recordar tal período. No entanto, há uma nação inteira com mais de 130 milhões de pessoas vivas que pode dar um testemunho bem atualizado de como é viver em tal mundo. Claro que estou falando do Japão, um país que passa por uma depressão deflacionária há mais de duas décadas, sem nenhuma luz no fim do túnel. Em muitos aspectos, a experiência japonesa desde o final da década de 1980 é uma espécie de ensaio para o que o resto do mundo pode esperar nos próximos anos. Portanto, vale a pena dedicar alguns parágrafos para detalhar os "destaques" dessa experiência.

• • •

No final de 1989, as dependências do Palácio do Imperador, no centro de Tóquio, eram consideradas tão valiosas quanto todo o estado da Califórnia. Dá para imaginar? Alguns meses depois, no início de 1990, o Japão sofreu um estouro da bolha imobiliária e do mercado de ações semelhante ao que os Estados Unidos e a Europa Ocidental experimentaram em 2007-2008. Por exemplo, em seu pico em 29 de dezembro de 1989, o Índice Nikkei da Bolsa de Tóquio — o equivalente japonês à Média Industrial Dow Jones nos EUA — alcançou 38.876 pontos. Agora, vinte anos depois, está em menos de um quarto daquele nível. Portanto, mercados deflacionários em baixa, como no Japão agora (e daqui a pouco no resto do mundo), podem levar um tempo enorme para se recuperar (pense em décadas). Como um referencial comparativo, a Média Industrial Dow Jones levou 23 anos e meio para recuperar o nível vigente logo antes da Grande Queda de outubro de 1929. Portanto, apesar das quantidades maciças de inflação monetária circulando pelo mundo atualmente, sobretudo no próprio Japão, ninguém acredita que o Nikkei retornará a seu pico de 1989 no futuro próximo. A economia japonesa mergulhou numa espiral deflacionária no início de 1990 e ainda não saiu dela.

A situação tampouco é melhor para os preços dos imóveis no Japão. Atualmente, uma casa custa em média o que custava em 1983, quase três décadas atrás. E, embora os recém-chegados à "prisão dos devedores", como Grécia, Itália, França e Estados Unidos, atraiam toda a atenção das primeiras páginas dos jornais, é o Japão o país que mais deve dinheiro a outras nações, cerca de 200% do produto interno bruto. Esse ônus financeiro vem acompanhado por grandes problemas sociais, como um aumento da pobreza e taxas crescentes de suicídio.

Em seu recente livro abordando lições que a deflação japonesa prolongada oferece ao mundo, Richard Koo, economista-chefe da Nomura Securities, faz a seguinte afirmação sobre o Japão de hoje: "Milhões de indivíduos e empresas veem seus balanços afundando, portanto estão usando seu dinheiro para saldar suas dívidas, em vez de contrair empréstimos e gastar." Esse declínio tem sido uma experiência bem desgastante para os japoneses. Na década de 1980, o povo japonês era confiante, esperançoso no futuro e ávido por criar uma nova ordem mundial na Ásia. E hoje? Bem, é uma nação que perdeu a autoconfiança, temendo um futuro que sua população cada vez mais velha e menor não está em condições de enfrentar. Como um pequeno indicador desse fato, num artigo publicado no *New York Times* em 2010, Martin Fackler cita um proprietário de uma loja de roupas de Tóquio: "É como se os japoneses tivessem perdido até o desejo de parecer bonitos."

Um indicador bem doloroso dos efeitos de uma vida de deflação e estagnação econômica é a atitude dos jovens em relação ao consumo. Em vez de afluírem para Akihabara, o bairro high-tech de Tóquio, em busca das últimas novidades em aparelhos eletrônicos, muitos jovens japoneses se recusam a comprar qualquer artigo caro. Como Fackler também observou, uma geração de deflação foi além de tornar as pessoas pouco propensas a gastar: deu origem a um pessimismo profundo quanto ao futuro e a um medo do risco. Os consumidores agora acham insensato comprar ou pegar dinheiro emprestado, o que acelera ainda mais a espiral descendente. Hisakazu Matsuda, um comentarista sagaz desse fenômeno, chama os japoneses na faixa dos vinte anos de "os inimigos do consumo". Diz ele: "Esses sujeitos acham estúpido gastar." Outro observador, Shumpei Takemori, economista da Universidade Keio, em Tóquio, diz que a "deflação destrói a tomada de riscos necessária para as economias capitalistas crescerem. A destruição criativa é substituída pelo que não passa de destruição destrutiva".

E como o governo japonês tentou escapar dessa espiral? Você já deve ter adivinhado. Fez exatamente o que os governos ocidentais estão fazendo agora. Reduziu as taxas de juros para zero em 1999 e as deixou nesse nível mínimo por sete anos. Também realizou um resgate financeiro após o outro e ofereceu uma série de pacotes de estímulo. Mas nada surtiu efeito. Além disso, existe uma combinação aparentemente poderosa, mas na verdade impotente, de políticas monetárias e fiscais, além de regulamentações de mercado e protecionistas. Até agora, porém, não funcionou. Mais de duas décadas após o início da espiral deflacionária, o Japão continua à beira do colapso econômico total. Como um indicador desse fato, no início de 2010 o Birô de Estatísticas Japonês informou que os preços no país vinham caindo nos últimos doze meses seguidos e que os preços dos terrenos eram metade de vinte anos atrás. Um ano depois, a situação quase não melhorou. Em agosto de 2011, Junko Nishioka, economista-chefe da

RBS Securities Japan, observou que “os preços dificilmente subirão muito (…) já que as fracas vendas aos consumidores tenderão a desencadear mais concorrência de preços”.

Para ser justo com as economias ocidentais que agora enfrentam o mesmo problema, existem grandes diferenças entre a situação japonesa e o que vemos nos Estados Unidos e na Europa Ocidental. Os Estados Unidos podem simplesmente imprimir montes de moeda de reserva e exportá-la para o resto do mundo em troca de produtos como carros, camisetas, computadores e outras engenhocas, desviando assim a atenção dos problemas reais enfrentados pelo país. Além disso, mesmo durante o período difícil no Japão, a poupança cresceu e o país continuou produzindo mercadorias reais para exportação. Então o que fazer? A única certeza é o que *não* fazer: *não* continuar acumulando déficit após déficit. Se na vida real já existiu um exemplo do princípio de que não dá para sair da deflação e ressuscitar a economia contraindo empréstimos, o Japão é esse exemplo. Empurrar o problema para as gerações vindouras só pode, em última análise, levar a um colapso social ainda maior. Com base nesse comentário dinâmico, mas pouco edificante, tentemos sintetizar as dimensões da depressão global emergente.

SINTETIZANDO

O ECONOMISTA AUSTRÍACO-AMERICANO Joseph Schumpeter introduziu a expressão “destruição criativa” para descrever o processo de destruição de componentes ultrapassados e desnecessários de um sistema econômico a fim de abrir espaço para novas e inovadoras formas de produção e consumo econômico. Estamos na fase destrutiva do quadro de Schumpeter agora, em que os sistemas financeiros e econômicos globais do “Velho Mundo” estão se transformando do conjunto de estruturas e regras para o discurso econômico, político e social pós-Segunda Guerra Mundial no que se tornarão os padrões da primeira metade do século XXI. O problema do momento é que ninguém sabe realmente qual será essa estrutura global nova. Tudo que se sabe ao certo é que será algo bem diferente do antigo regime.

Como todos os processos dinâmicos, a fase de destruição do ciclo schumpeteriano precisa de um motor acionando esse processo. Neste capítulo, argumentei que o motor que está virando de ponta-cabeça os mundos financeiro e econômico é a rápida >aproximação de um período de deflação maciça (ou, talvez ainda pior, hiperinflação). Assim, qualquer que seja o quadro que emerja no longo prazo (daqui a dez a vinte anos), o horizonte imediato não é nada agradável. Somente quando o sistema global tiver ingressado na fase criativa é que colheremos os benefícios do que está por vir no balanço do século atual.

PARTE III

EVENTOS X REVISITADOS

ANATOMIA DE UM EVENTO X

UM EVENTO X NÃO é algo em preto ou branco. Existem graus de surpresa, assim como existem graus de impacto. A previsão de tais acontecimentos atípicos também é uma questão nebulosa. Algo que passa na chamada região da "normalidade" pode naturalmente resvalar para o domínio dos eventos extremos, à medida que os fatores surpresa e/ou impacto transpõem uma fronteira muito mal definida. Tentemos manter esse fato em mente ao percorrermos esta parte conclusiva do livro, num esforço para dizer algo significativo e útil sobre como prever e se preparar para tais situações.

A primeira coisa que os professores de jornalismo escrevem no quadro-negro são as seis grandes perguntas que qualquer matéria deve responder: Quem? O quê? Por quê? Quando? Onde? Como? O mesmo se aplica aos eventos X. Nas partes anteriores do livro, tentei lidar com todas elas, com a notável exceção de "Quando?", que é possivelmente a mais importante das seis preocupações para quem queira prever, prevenir ou limitar sua exposição a um acontecimento extremo. Para responder, preciso dividir o panorama de conhecimentos usando algum tipo de taxonomia. Em relação a datas, olharei sob três perspectivas: *antes* do evento, *durante* sua ocorrência e *após* o impacto ter sido plenamente experimentado e assimilado.

Antes: Devemos, naturalmente, nos concentrar na previsão, determinando com a maior precisão possível quando se dará o evento. Essas são as duas áreas em que a ciência, combinada à imaginação e a um bom banco de dados de ocorrências passadas, pode ser mais útil, como delinearei na próxima seção. Como enfatizei repetidamente, porém, tal banco de dados é o ingrediente que falta para a maioria esmagadora dos eventos X. Do contrário, eu não precisaria escrever este livro.

Outra pergunta incômoda se enquadra nessa categoria também. Suponhamos que você receba um sinal confiável da iminência de um acontecimento extremo como, por exemplo, uma atividade sísmica incomum em torno de um vulcão, indicando a forte possibilidade de uma erupção. A quem você conta? A resposta é mais uma questão sociopolítica do que algo que a ciência possa ajudar a responder, pois existem tantos grupos de interesse envolvidos que é impossível escapar deles. A não ser em situações como um impacto de asteroide ou uma pandemia mundial, em que a ameaça global é clara e imediata, os eventos extremos causados por seres humanos podem ter nuances e gradações atrás das quais pode se ocultar todo tipo de visão de mundo e interesse velado. Na verdade, quase sempre os interesses são essencialmente financeiros. As pessoas —

investidores, grandes empresas, políticos, países — estão ganhando dinheiro demais (ou recebendo-o por meio de contribuições de campanha e impostos), talvez se aproveitando de uma bolha de ações ou imobiliária, e por isso precisamos de medidas para restaurar a sustentabilidade do sistema. Mas é complicado tomar uma ação eficaz em face de tal pensamento de curto prazo por forças poderosas e interessadas em preservar o *status quo*. Como outro bom exemplo, observe os debates acalorados em torno do aquecimento global, identificado pela ciência como um fenômeno assustador emergindo. Entretanto, não se materializou a vontade política para reagir à altura. Posso dizer, com base em minha experiência pessoal, que os mesmos interesses conflitantes estão presentes em qualquer tipo de alerta precoce de terremotos, enchentes, tornados, furacões ou erupções vulcânicas, sem mencionar os casos provocados por humanos, em vez daqueles com que a natureza nos desafia.

Durante: Esta é a parte fácil… se você considerar que sobreviver a um evento extremo é algo fácil! Quando se está em meio a uma crise alimentar, um desastre financeiro, um terremoto ou algo do gênero, não há muito tempo a perder com filosofias. Basicamente, a fase do durante consiste em uma gestão do desastre em tempo real, não em especulação científica ou preocupação e espanto com o que saiu errado.

Após: Decorrido o evento, adentramos a fase de "arrumar a bagunça". Durante esse período, enfrentamos preocupações bem práticas e imediatas de restaurar os serviços e instalações destruídos, como energia elétrica, comunicações, moradias, alimentação e água. Esse período também envolve muito exame de consciência, atribuição de culpa, análises retrospectivas e providências para supostamente impedir que o evento se repita. Claro que na prática grande parte dessa atividade é mais como fazer o planejamento para combater a última guerra do que se preparar para a próxima. De qualquer modo, essa fase, de novo, tem pouco a ver com os conceitos e metodologias da ciência, futurologia, entre outras coisas, e quase tudo a ver com a dissimulação política, aliada a uma série desconcertante de disfarces e obscurecimentos engenhosos e egoístas.

A moral da história, então, é que a única fase em que a análise científica desempenha um papel visível no estudo dos eventos extremos é a primeira, antes de sua ocorrência. Depois disso, a ciência e o planejamento são literalmente postos de lado, e passamos para as esferas sociopolítica e psicológica, em que quase tudo poderia acontecer — e com frequência acontece. Com isso em mente, retornemos à questão do tipo de ferramentas disponíveis ou que precisamos desenvolver para obtermos controle sobre quando e onde a sombra

do problema vai cair.

À FRENTE DA CURVA

PETER E PAUL SÃO pequenos lagos isolados, no norte do estado de Wisconsin. Em 2007, serviram de cenário para um dos mais importantes experimentos ecológicos dos últimos tempos. Uma equipe de pesquisadores, encabeçada por Steven Carpenter, da Universidade de Wisconsin, usou-os para testar a possibilidade de prever mudanças radicais num sistema, talvez com antecedência suficiente para impedir uma catástrofe ambiental.

Segundo Carpenter: "Por um longo tempo os ecologistas pensaram que mudanças radicais não pudessem ser previstas. Mas agora vimos que podem. O alerta precoce é claro. (…) O conceito foi agora validado num experimento de campo, e o fato de ter funcionado nesse lago abre a porta para testá-lo em pastagens, florestas e ecossistemas marinhos." O que exatamente fez a equipe de Carpenter? E como fez?

Usando o lago Paul como controle, a equipe de Carpenter experimentalmente manipulou o lago Peter, introduzindo aos poucos nele a predadora perca negra. Antes de esses invasores serem acrescentados, o lago era dominado por peixes menores que se alimentavam das pulgas-d'água, que por sua vez se alimentavam de zooplâncton. O que os cientistas procuravam fazer era romper a cadeia alimentar a ponto de mudar para um sistema dominado pela perca predadora, empurrando os peixes menores mais para baixo na cadeia alimentar. Nessa mudança, os pesquisadores esperavam ver um rápido efeito cascata no ecossistema do lago que impactaria fortemente todas as plantas e os animais.

Assim que a perca negra foi adicionada, os peixes pequenos reconheceram a ameaça e começaram a se afastar da água aberta, confinando suas buscas de alimento às áreas perto da margem e em torno de barreiras protetoras, como troncos afundados. De acordo com Carpenter, o lago tornou-se um "paraíso das pulgas-d'água", e a comida preferida das pulgas-d'água, os fitoplânctons do lago, começou a oscilar loucamente. O ecossistema inteiro depois sofreu uma mudança radical para um modo de comportamento novo. O que o grupo observou foi que modelos de computador espelharam a realidade do ecossistema, à medida que os níveis dos fitoplânctons mudaram de forma drástica imediatamente antes da mudança do regime das pulgas-d'água.

Observe o que está acontecendo aqui. Os peixinhos são agora avessos ao risco e não se aventuram na água aberta para comer tantas pulgas-d'água. Essa população então dispara e devora sua refeição preferida, fitoplânctons do lago. Eles morrem em massa diante do aumento colossal da população de pulgas-

d'água. Com o desaparecimento de sua fonte principal de alimento, a população de pulgas-d'água despenca, permitindo o ressurgimento dos fitoplânctons, ponto em que o ciclo se repete. Mas a certa altura os fitoplânctons não conseguem se recuperar, e o lago se transforma, com uma cadeia alimentar totalmente reconfigurada.

Agora a pergunta de um milhão de dólares: Essa reviravolta poderia ser prevista com base nos dados coletados das mudanças químicas, biológicas e físicas ocorrendo no lago? Em particular, esses abalos nos níveis dos fitoplânctons servem de sinais de alerta precoces de uma mudança de modo no ecossistema? A resposta foi fornecida pelo trabalho de William "Buz" Brock, especialista em teoria financeira da universidade, que empregou ferramentas de uma área da teoria dos sistemas dinâmicos chamada "teoria da bifurcação" para mostrar que abalos estranhos são de fato precursores da mudança catastrófica.

Como sempre nessas questões, o experimento ofereceu boas e más notícias. A notícia positiva é que ele validou um sinal de alerta precoce teórico do colapso da rede alimentar. As flutuações rápidas nos níveis dos fitoplânctons são de fato um aviso de que "algo estranho" está acontecendo e convém prestar atenção. A má notícia, porém, é que empregar essa metodologia para identificar o indicador de alerta precoce requer um montão de dados. Isso significa que é preciso monitorar continuamente o lago por um período de tempo prolongado, coletando o máximo possível de informações sobre suas propriedades biológicas, químicas e bióticas. Carpenter observa que pode não ser possível usar esse procedimento para cada ecossistema, mas que o preço da inação pode ser bem alto.

Portanto, temos aqui um exemplo vivo de um procedimento de alerta precoce eficaz para identificar sinais de mudança catastrófica iminente: procure flutuações anormais no comportamento de algumas variáveis do sistema. Esses abalos rápidos constituem alertas de que as quantidades medidas podem estar entrando na zona de perigo. Ecologistas como Carpenter estão na linha de frente na aplicação dessa metodologia teórica aos ecossistemas do mundo real.

FERRAMENTAS MATEMÁTICAS DE PREVISÃO

O EXPERIMENTO DE CARPENTER & CIA. anteriormente delineado mostra de forma clara que uma rápida flutuação no nível de fitoplânctons do lago Peter serviu de sinal de alerta confiável de que o lago estava prestes a apresentar uma alteração em seu comportamento. Esse é o primeiro de cinco princípios de alerta precoce que os matemáticos extraíram da teoria dos sistemas cujo comportamento muda no decorrer do tempo (geralmente denominados "sistemas dinâmicos" na literatura profissional). Eis a lista completa.

Flutuações crescentes no valor de uma ou mais das propriedades

fundamentais do sistema que você está examinando — tais como os níveis de fitoplânctons do lago Peter — constituem um sinal de que o sistema está passando por uma grande mudança estrutural. Essas flutuações poderiam ser vistas como uma volatilidade maior no volume de negociações em uma bolsa de valores, mudanças rápidas nas posições adotadas na retórica de líderes políticos, movimentos nervosos do solo em torno de uma região sísmica ou mudanças desenfreadas na produção de um sistema agrícola. Mas, em todos os casos, oscilações rápidas de um extremo ao outro muitas vezes constituem um prenúncio do que vem à frente.

Flutuações de alta amplitude configuram outro sinal importante. A distância que o sistema percorre do seu ponto alto para o baixo é um elemento-chave a ser observado. Em outras palavras, não são apenas mudanças rápidas (oscilações) no comportamento que contam, mas também se o comportamento está atingindo picos mais altos e afundando até vales mais baixos. Uma vez que esses picos e vales se tornam grandes o suficiente, o sistema está com frequência no ponto de ruptura em que um empurrão aparentemente pequeno basta para lançá-lo num modo de atividade totalmente novo.

Desaceleração crítica é o próximo princípio de alerta precoce. Imagine uma bola colocada no fundo de um recipiente com bordas bem íngremes. Se a bola for afastada um pouco do fundo, a inclinação das bordas garantirá que ela logo volte a repousar no fundo. Mas, se você colocar a mesma bola no fundo de um recipiente com bordas menos íngremes, ela poderá levar algum tempo até voltar ao fundo, pois ziguezagueará várias vezes antes de entrar em repouso. Essa última situação é o que os teóricos dos sistemas dinâmicos denominariam desaceleração crítica, em que o comportamento observado do sistema parece ter dificuldade em se recuperar do efeito de uma perturbação mesmo pequena. Este é um sinal de alerta precoce importantíssimo de que o sistema está se aproximando de uma zona de perigo em que as chances de uma grande mudança súbita no comportamento aumentam substancialmente.

Uma rede na iminência de uma grande mudança com frequência começa mostrando uma preferência pronunciada por "visitar" apenas um pequeno subconjunto de seus estados possíveis. Em outras palavras, os estados visitados estão distribuídos de forma bem desigual, pois a trajetória tende a permanecer num subconjunto pequeno de todos os estados possíveis. Um teórico de sistemas diria que existe uma *assimetria* pronunciada, ou agrupamento, dos estados de comportamento realmente realizados. A atual distribuição de renda nos Estados Unidos é um bom exemplo, pela alta assimetria para os ricos e pobres, com os níveis médios declinando rapidamente. Essa é uma distribuição desigual das rendas (ou seja, dos estados). De novo, é um sinal de alerta precoce importante da iminência de um evento extremo, sugerindo que os ricos não conseguirão manter por muito mais tempo essa distância pronunciada do rebanho.

Cabe observar aqui que esse desequilíbrio/assimetria dos estados está bem no espírito do descompasso de complexidade que destaquei várias vezes neste livro. Um sistema, os ricos, possui um estilo de vida de alta complexidade com um número enorme de ações alternativas que podem tomar a qualquer momento (casas para comprar, lugares para visitar, alimentos para comer e assim por diante). Por outro lado, os pobres levam uma vida de baixa complexidade, dispondo de poucas opções. O desnível se amplia e com certeza terá de ser reduzido no futuro, seja pela ação voluntária dos ricos, pela intervenção do governo no processo ou, o mais provável em minha opinião, por um evento extremo nos moldes que apresentei no texto sobre deflação na Parte II.

Muitos sistemas mudam não apenas no tempo, mas também no espaço. Por exemplo, a supracitada disparidade de renda se altera nas cidades de Nova York ou Berlim de forma bem diferente que em Nebraska ou no interior do Brasil. Os padrões demográficos nas áreas urbanas ou a densidade da vegetação numa região árida são bons exemplos de variáveis importantes cujos valores são notoriamente diferentes não apenas através do tempo, mas de um lugar para outro no mesmo tempo. Em sistemas naturais como ecossistemas ou populações animais, *mudanças rápidas nos padrões espaciais* costumam ser sinais de uma mudança iminente. Muitos artigos científicos citam exemplos em que o clima numa área semiárida fica mais seco, fazendo a vegetação crescer numa distribuição bem mais dispersa e irregular do que quando todas as plantas obtêm água suficiente. Esse padrão de desigualdade se desdobra gradualmente até atingir um ponto crucial no qual todas as plantas remanescentes morrem e a região se torna um deserto. Portanto, procure por alterações nos padrões comuns como uma pista de que o sistema está adentrando uma zona perigosa.

Tais ferramentas de sistemas dinâmicos muitas vezes requerem grande número de dados. Porém, por sua própria natureza, eventos X, como um desastre econômico, um furacão ou uma revolução política, não ocorrem com grande frequência. Assim, quase sempre os dados não estão disponíveis — ou ao menos não estão disponíveis na quantidade e qualidade suficientes para o uso eficaz da estatística ou da teoria dos sistemas dinâmicos a fim de prever o que vem a seguir e quando. O que fazer então? Bem, quando o mundo real não fornece os dados necessários, cria-se um mundo substituto que os fornece! Essa é a ideia por trás da *simulação baseada no agente*, termo pseudoacadêmico para o que não passa de um jogo de computador.

FERRAMENTAS COMPUTADORIZADAS PARA SIMULAÇÃO DE PREVISÃO

MUITO TEMPO ATRÁS, ANTES de me tornar adulto, eu adorava apostar nos

jogos da liga profissional de futebol americano, a NFL. Por ser um sujeito razoavelmente analítico, eu também agia sob a mesma ilusão que contagia muitas pessoas de espírito analítico sobre o mercado de ações: deve existir alguma fórmula mágica de manipular os dados disponíveis e transformá-los em previsões confiáveis sobre o resultado dos jogos. Se eu vivesse no paraíso dos apostadores, essa fórmula me permitiria sobrepujar as chances oferecidas pelos agenciadores de apostas em Las Vegas. Então examinei os programas de computador oferecidos na época em busca de uma bala mágica. Desnecessário dizer, sou agora bem mais sensato — mas mais pobre — sobre as perspectivas de vencer a casa de apostas no futebol americano. Porém aprendi uma série de fatos naquela pesquisa (e em outras) que me foram úteis dali para a frente. Vou explicar um deles, pois é de longe a lição mais pertinente e contribuiu para eu permanecer bem empregado nos últimos anos. A maioria dos programas que testei era de natureza estatística. Em outras palavras, primeiro coletavam todos os dados do passado sobre o número de pontos que um time havia marcado e uma série de detalhes técnicos dos jogos. O programa então processava esses dados, gerando uma estimativa estatística de quantos pontos o time marcaria no jogo seguinte. Os modeladores matemáticos costumavam chamar isso de uma abordagem "de cima para baixo" do problema, já que ela ignora totalmente os jogadores individuais e seus desempenhos, concentrando-se em indicadores agregados de como os jogadores se saíram. Isso equivale a examinar o balanço de uma empresa, em vez de descer às suas operações e examinar como seus empregados realmente geram esses números agregados, como receitas brutas, custos da mão de obra e lucros. Tais indicadores podem (ou não) ser úteis na análise de uma empresa, mas eu os achava meio deficientes para analisar qual seria o desempenho de um time de futebol americano em um dado domingo.

O que eu procurava era um modelo "de baixo para cima", que voltasse a atenção para os próprios jogadores individuais, suas características de jogo, como velocidade, força e agilidade, juntamente com as regras empregadas por cada um deles para jogar em sua posição. Com essas informações, seria possível colocá-los em interação e ver que tipo de resultado (escore de pontos) emergiria. Os leitores reconhecerão que essa abordagem enfatiza a ideia dos fenômenos emergentes, um dos sete pilares da complexidade delineados na Parte I.

Acabei descobrindo que tal programa existia e o empreguei por algumas temporadas para fazer minhas apostas. Eu conseguia até simular os jogos de cada domingo no meu computador, disputar cada um deles umas cem vezes e examinar quantas vezes um time predominava sobre o outro e por quantos pontos — justamente as informações de que eu precisava para fazer minhas apostas. Vale a pena observar como essa abordagem de baixo para cima me permitiu abordar perguntas de simulação do tipo "e se?" sobre qualquer jogo específico: E se o Jogador A se machucar? E se o campo estiver molhado e enlameado? E

se…?

Esse mesmo princípio está em funcionamento no que passou a ser denominado "simulações baseadas no agente", em que isolamos uma parte do mundo real e depois criamos cenários sobre aquela fatia da realidade dentro de nossos computadores. Isso equivale a usar o computador como um laboratório para fazer os tipos de experimentos controlados e repetíveis exigidos pelo método científico, mas que a realidade geralmente não nos permite realizar. Por exemplo, você pode ter uma hipótese que gostaria de testar sobre como os mercados financeiros funcionam. Infelizmente, não dá para ir a Wall Street e pedir que mudem as regras de negociação para testar sua teoria. Mas é possível construir uma reprodução de Wall Street no seu computador, povoá-la com uma série de negociadores usando diferentes regras e colocá-los em interação de acordo com os preceitos de sua teoria. Se você conseguiu captar as regras dos negociadores e até as regras pelas quais eles mudam suas regras de negociação, além de outros fatores que afetam de forma mais ampla as negociações, pode esperar obter algum vislumbre útil da viabilidade de sua nova teoria. Podemos fazer a mesma coisa para testar hipóteses sobre as probabilidades e o possível impacto de eventos extremos.

Antes de descrever esse processo, deixemos claros quais os elementos que constituem um modelo/simulação baseado no agente.

Um número médio de agentes: O termo-padrão do jargão empregado para descrever os objetos que compõem nosso sistema de interesse é agente, seja ele um investidor do mercado financeiro, um motorista num sistema de tráfego rodoviário ou um país num sistema geopolítico. Ao contrário dos sistemas simples, como conflitos entre superpotências, que tendem a envolver um número pequeno de agentes interativos, ou dos sistemas grandes como uma galáxia (que possui uma população de agentes — estrelas, planetas, cometas etc. — grande o suficiente para, ao estudá-los, podermos usar procedimentos estatísticos), os sistemas complexos envolvem o que se poderia chamar de um número "médio" de agentes. O que constitui "médio" pode variar de caso para caso, mas geralmente significa um número grande demais para a intuição e o cálculo manual esclarecerem o comportamento do sistema e pequeno demais para que técnicas de agregação estatística forneçam respostas úteis às nossas perguntas. Numa partida de futebol americano, esse número está em torno de trinta, consistindo nos 22 jogadores em campo, mais as equipes técnicas de ambos os lados. Assim, um sistema complexo é formado por um número de agentes nem pequeno demais nem grande demais, mas do tamanho certo para criar padrões interessantes e significativos de comportamento

emergente.

Agentes inteligentes e adaptativos: Além de existir um número médio de agentes, eles são inteligentes e têm a capacidade de aprender e mudar seu comportamento com o desenrolar dos eventos (adaptativos). Isso significa que tomam decisões com base nas regras, como os princípios que um *quarterback* ou um *linebacker* usa no futebol americano para jogar na sua posição, de ataque ou de defesa, respectivamente. Além disso, os agentes estão prontos para modificar suas regras com base em informações novas com que se deparam. Em alguns casos, podem até gerar regras novas nunca antes empregadas, em vez de se restringirem a um conjunto de escolhas predefinidas para a ação. Por exemplo, o grande recebedor R. C. Owens, do San Francisco 49er, introduziu a jogada *alley-oop* em seu repertório de formas de agarrar a bola sobre os braços estendidos de um defensor. Esse aspecto adaptativo é o que tende a distinguir os grandes jogadores de futebol americano (como Peyton Manning, que parece mudar seu jogo ofensivo antes de cada *snap* baseado no alinhamento da defesa) dos jogadores normais. Essa capacidade de gerar regras novas faz surgir uma "ecologia", que continua evoluindo à medida que o jogo, ou mesmo a temporada inteira, se desenrola.

Informações locais: Nenhum jogador individual tem acesso ao que *todos* os outros estão fazendo num determinado estágio do jogo. No máximo, cada um obtém informações sobre um subconjunto relativamente pequeno de outros jogadores e depois processa essas informações "locais" para chegar a uma decisão de como agirá. Na maioria dos sistemas complexos, os agentes se assemelham mais a motoristas numa rede de tráfego rodoviário ou a investidores num mercado especulativo, cada qual possuindo informações sobre o que ao menos alguns dos outros motoristas ou investidores estão fazendo… mas não todas.

Você poderia argumentar que, apesar de uma partida de futebol americano ser um pequeno e interessante quebra-cabeça, não é de grande importância no tocante aos eventos extremos, mesmo no nível bem restrito de torcedores e apostadores como eu fui no passado. Embora seja possível usar o "mundo do futebol" para fazer muitos experimentos, e até explorar diferentes situações que podem dar origem a surpresas, está faltando o fator impacto que transformaria qualquer uma dessas surpresas em um evento X. Mas é a ideia de criar um mundo no computador para gerar dados sobre um sistema em que eventos extremos genuínos possam emergir que é a mensagem aqui. Portanto, examinemos outro exemplo de simulação de computador em que eu mesmo me envolvi recentemente e que possui todas as características para o aparecimento

de um verdadeiro acontecimento extremo.

• • •

EM MEU TRABALHO, LIDERO um projeto de pesquisa dedicado a rastrear os impactos potenciais que diferentes eventos extremos podem exercer sobre a economia dos países. Uma simulação baseada no agente da rede de comércio global criada dentro das linhas que acabamos de discutir constitui uma ferramenta-chave nessa análise. Darei apenas um breve resumo de um cenário geopolítico que estudamos recentemente. O evento X em questão começou pela pergunta: O que aconteceria se a China passasse a desafiar abertamente a hegemonia global dos americanos? Esse desafio poderia vir de três formas distintas, resultando nos seguintes cenários diferentes onde se pode explorar o impacto sobre a saúde econômica dos países em nosso mundo do computador:

> ***Cenário I:*** A China é cada vez mais assertiva, ou mesmo beligerante, em todas as áreas de conflito e disputa. Podemos chamar esse caminho de "difícil". Nesse cenário, o pior dos prognósticos é um confronto militar aberto entre China e Estados Unidos.
> ***Cenário II:*** A China ainda é assertiva, mas exerce sua agressividade de forma mais sutil, em geral via canais diplomáticos, negando-se a exportar certos recursos e coisas semelhantes (o caminho "brando").
> ***Cenário III:*** A China se enfraquece devido a tensões internas de natureza econômica, política e social, enquanto os Estados Unidos reemergem quase milagrosamente como a potência global dominante. Essa situação envolve um crescimento chinês progressivamente menor, ao mesmo tempo que os Estados Unidos recuperam a confiança e a influência.

O mundo dos negócios global em nossa simulação consiste nos seguintes 22 países (agentes):

> ***Zona do euro:*** Finlândia, Suécia, Dinamarca, Bélgica, Holanda, Alemanha, França, Espanha, Itália
> ***Américas:*** EUA, México, Canadá, Brasil
> ***Ásia:*** China, Índia, Japão, Indonésia
> ***Outros:*** Reino Unido, Noruega, Rússia, Turquia, África do Sul

Cada país dispõe de um conjunto de medidas que podem ser tomadas a qualquer momento, incluindo certa combinação de taxas alfandegárias, oferecendo descontos para “nações mais favorecidas”, reavaliação de sua moeda e outras ações macroeconômicas de grande escala. Claro que essas decisões são limitadas por fatores geográficos e políticos, como alianças comerciais, custos de transporte e outras questões desse tipo.

No primeiro cenário, em que a China toma o caminho difícil e confronta abertamente os Estados Unidos, o grande perdedor em 2030 é a própria China. O interessante é que os países que menos sofrem são aqueles do Benelux. Mas ficam todos os 22 em condições piores do que estavam inicialmente em 2010.

Por outro lado, ao seguir o caminho brando do segundo cenário, todos os países estão em melhor situação em 2030 do que hoje, com a China liderando o avanço, com um PIB 9% maior em relação a 2010. Os países que menos se beneficiam com o caminho brando são exatamente aqueles que menos sofreram na alternativa mais dura.

Finalmente, o caso extremo. Aqui a China entra em colapso resultante de tensões internas, enquanto os Estados Unidos ressurgem. Os vencedores estão no contingente norte-americano — mas é o México que sai na frente, não os Estados Unidos. Não surpreende que o maior perdedor nesse mundo de 2030 seja a China, seguida de Japão, Índia, Rússia e Brasil — em suma, os países que compõem o grupo dos BRICs mais o Japão.

Acho que isso é suficiente para dar uma ideia geral de como as simulações baseadas em agentes podem ser empregadas para alertas sobre acontecimentos futuros. Esse exercício mostra que a simulação pode ajudar a prever um evento X ainda não ocorrido. Pode também lançar uma luz sobre seu impacto enquanto o investigador brinca de ser Deus.

No decorrer deste livro, a complexidade — e particularmente a ideia de um descompasso de complexidade como causa básica dos eventos extremos — tem sido o fio condutor dos vários exemplos e princípios discutidos. Às vezes esse fio ficou visível à superfície, como na discussão da primavera árabe no preâmbulo do livro, outras vezes ele permaneceu implícito, como em diversos exemplos relatados na Parte II. Mas em todos os casos a complexidade de um sistema se contrapõe à de outro, gerando tensões que acabam sendo aliviadas por um evento X. É hora de voltar a esse tema e examiná-lo à luz de nossas ponderações nesta parte sobre os sinais de alerta precoces. Em particular, quero examinar meios de caracterizar e medir o desnível de complexidade entre dois (ou mais) sistemas e como usar essa medição para prever, e talvez impedir, uma mudança iminente de um tipo de comportamento para outro.

CUIDADO COM O VÃO

EM 2011, OS INVESTIGADORES FRANCESES de segurança aérea divulgaram seu relatório sobre os minutos finais do Air France 447 ao mergulhar no mar ao largo da costa brasileira, na noite de 1º de junho de 2009. Após uma busca heroica, as duas caixas-pretas do avião foram encontradas a quase quatro mil metros de profundidade sob o Atlântico, quando as autoridades se preparavam para abandonar a busca. Um milagre ainda maior foi que seus dados permaneciam intactos, o que permitiu aos investigadores de segurança aérea reconstituir o que aconteceu com o avião e atripulação na cabine durante aqueles fatais minutos finais antes de o avião mergulhar na água. A história é tão instrutiva quanto assustadora.

Como documentaram as caixas-pretas, os sensores de velocidade do avião falharam, dando aos pilotos medições da velocidade muito reduzidas após a entrada da aeronave em nuvens de gelo de tempestade quase onze mil metros acima do mar. Com a queda de velocidade, o avião entrou em processo de estol, ou perda de sustentação, em que o ar que fluía sobre as asas era insuficiente e lento demais para gerar a força necessária para mantê-lo no ar. Os alarmes de alerta de estol soaram três vezes, o que poderia ter levado os pilotos a baixar o nariz do avião, acelerando assim a aeronave e gerando a sustentação para que voltasse a subir. Mas, por razões ainda difíceis de explicar, os pilotos elevaram o nariz da aeronave, e isso agravou ainda mais o estol. Àquela altura, o avião já não estava voando, mas caindo — a uma velocidade de 55 metros por segundo (quase duzentos quilômetros por hora). Pouco mais de três minutos depois o avião atingiu o mar, matando todas as 228 pessoas a bordo. O maior enigma parece ser por que os pilotos elevaram o nariz do avião em vez de abaixá-lo, exatamente o contrário da ação necessária para tirá-lo do estol. Como/por que isso aconteceu?

Os dados da caixa-preta da cabine sugerem que os pilotos podem ter pensado que estavam tomando a ação apropriada, pois as medições de velocidade estavam totalmente irregulares. Além disso, o avião voava sobre o oceano por uma região de turbulência moderada e estava escuro, o que impedia os pilotos de ver o horizonte ou qualquer outro ponto de referência que pudesse lhes dar uma ideia da velocidade, posição ou direção do avião. Como afirmou Richard Healing, um ex-integrante do US National Transportation Safety Board (Conselho Norte-Americano de Segurança em Transportes): "Tudo que sabemos é que as informações não eram confiáveis, que um monte de advertências estavam sendo disparadas e tudo era provavelmente muito, muito confuso." Outro observador versado, Bill Waldcock, professor da Universidade Aeronáutica Emory-Riddle, acrescentou o seguinte: "A única coisa que faria algum sentido é que eles ficaram desorientados do ponto de vista espacial, não sabiam onde era em cima e não entenderam plenamente o que a aeronave estava fazendo." O comentário mais estranho de todos vem de Alain Bouillard, chefe dos investigadores franceses: "Eles [os pilotos] ouvem o alarme de estol mas não

mostram nenhum sinal de reconhecimento. Em nenhum momento a palavra ‘estol’ chega a ser mencionada.”

De uma perspectiva de um evento X, o acidente do AF447 é um exemplo clássico de descompasso de complexidade em ação. Temos a instrumentação e o sistema de alerta do avião emitindo vários sinais visuais e auditivos, que são captados e interpretados por três pilotos, dos quais apenas um possui o controle real da aeronave (como se viu depois, o menos experiente). Assim, a abundância de sinais vindos do avião, combinados aos outros sinais (ou à falta deles) do ambiente, parece ter sobrepujado totalmente a capacidade dos pilotos de examinar todos os dados e chegar à linha de ação correta para restaurar a sustentação do avião. Em suma, a complexidade do sistema (o avião e seu ambiente) tornou-se grande demais para a complexidade do controlador (os pilotos), levando ao acidente (o evento extremo) e à morte de todas as 228 pessoas a bordo.

Esse exemplo tem elementos da teoria da complexidade suficientes para manter alguém ocupado por dias. Porém o objetivo central de um pesquisador de eventos X é indagar como o descompasso de complexidade poderia ter sido evitado. Ou, se não pudesse ser evitado, como o sistema poderia ser projetado para reduzir o desnível de modo rápido e confiável, caso ele aparecesse. Está claro que há muito sobre o que refletir nos dois lados dessa equação. Os instrumentos e o sistema de alerta do avião atrapalharam mais do que ajudaram, exacerbando uma emergência que já tinha uma janela de tempo muito estreita para a ação. Por outro lado, os pilotos pareciam estar num estado de sobrecarga de informações que os impediu de chegar a um consenso sobre a ação a tomar e agir rapidamente. Em suma, uma combinação de informações confusas e conflitantes, processadas erroneamente, provavelmente aliada a certo grau de pânico, selou o destino do avião e de seus passageiros.

Antes de abordarmos a questão de como reconhecer um desnível de complexidade e estimar seu tamanho, vale a pena dedicar algumas páginas à discussão de como pequenas lacunas podem ser ampliadas pelas estruturas tecnológicas subjacentes aos sistemas sociais modernos, auxiliadas e apoiadas pela própria natureza humana.

• • •

NO LIVRO *MERCADO FINANCEIRO: A crise anunciada*, em minha opinião um dos relatos mais esclarecedores e acessíveis da crise financeira de 2007, Richard Bookstaber, veterano em finanças que atua como consultor da Securities Exchange Commission (SEC) e membro do Financial Stability Oversight Board, faz a distinção útil entre um “acidente normal” e o que ele denomina “acidentes

esperando para acontecer", resultados da complexidade e do acoplamento estreito de muitos sistemas. Na primeira categoria estão eventos *esperados*, até mesmo inevitáveis, dada a interligação dos diferentes subsistemas que compõem a estrutura geral.

O acidente normal na usina nuclear de Three Mile Island, em 1979, é um bom exemplo desse tipo de problema, quando houve falha na luz de advertência de uma válvula de escape, levando os trabalhadores a ignorar uma válvula d'água bloqueada que acabou provocando a pane. Embora os relatos chamem o acidente de Three Mile Island de um acontecimento "inacreditável", a única coisa inacreditável era a longa cadeia de processos que todos tinham de seguir *corretamente* para que a usina funcionasse. Embora a possibilidade de falha em qualquer um desses processos fosse minúscula, as chances de que houvesse ao menos uma não eram baixas. Um aspecto crucial dos acidentes normais é que eles não resultam apenas do excesso de complexidade, no sentido de haver partes de mais interagindo que precisam funcionar corretamente para garantir o bom funcionamento geral. O acréscimo de revisões de segurança para combater falhas muitas vezes contribui para a complexidade, podendo conspirar contra a confiabilidade do sistema, em vez de aumentá-la.

Por outro lado, existem sistemas cujas muitas partes interagem de modo a criar comportamentos que são anti-intuitivos, inesperados ou simplesmente difíceis de entender. Em suma, os comportamentos são surpreendentes. Os mercados financeiros globais são um bom exemplo. Anteriormente, argumentamos que a própria diversidade dos instrumentos financeiros caracteriza a complexidade do sistema. Mas essa é apenas parte da história. A forma com que alguns deles são estruturados gera comportamentos surpreendentes. Bookstaber cita o exemplo dos instrumentos de baixo custo transacionados pelo Bankers Trust para proteger seus clientes de mudanças nas taxas de juros. Entretanto, passou despercebido aos compradores que o baixo custo ocultava uma cláusula que faria os prejuízos dispararem se as taxas de juros subissem rápido demais. Alguns compradores desse contrato de derivativo só descobriram esse "aspecto" de sua suposta proteção após arcarem com prejuízos na casa das centenas de milhões de dólares. Uma grande fonte de surpresa nesse tipo de situação é que geralmente não existe tempo suficiente para se tomar uma ação corretiva antes que o sistema degringole e dê origem ao evento extremo.

No livro, Bookstaber recorre ao sistema *hub-and-spoke*, usado pelas companhias aéreas para direcionar os voos, como exemplo de um sistema composto de muitas partes que podem interagir de formas às vezes misteriosas, mas cujo acoplamento não é firme. Assim, embora possa ser irritante saber que seu voo de Chicago a Albuquerque foi cancelado devido a um temporal em Minneapolis, você dispõe de tempo suficiente para investigar rotas alternativas

para o Novo México enquanto aguarda em O'Hare. O sistema possui folga suficiente embutida para realizar sua função de levá-lo de onde está para onde quer ir, embora com certo atraso e/ou acréscimo de despesa no percurso. O fato é que o acoplamento frouxo impede o sistema de entrar em colapso total.

De um modo geral, a melhor solução para o descompasso de complexidade costuma ser simplificar o sistema que está excessivamente complexo, em vez de aumentar a complexidade do sistema mais simples. Assim, por exemplo, no caso dos mercados financeiros seria preferível eliminar, ou pelo menos reduzir drasticamente, a disponibilidade de instrumentos financeiros exóticos que ninguém entende direito, e não incrementar a regulamentação e os mecanismos de controle. O ataque sempre tem a vantagem, enquanto a defesa precisa correr atrás do prejuízo. Melhor restringir o ataque, ao menos na medida em que o que está em jogo é a sobrevivência geral do sistema financeiro.

Subsistemas em interação e acoplamento firme resultam num casamento ardente. Mas a união é ainda mais pressionada pelas personalidades das partes envolvidas. Especificamente, existe o fator humano em que pessoas e instituições deixam de antever sinais claros de problemas. Quando se trata de eventos X causados/induzidos pelo homem, é essencial examinar como as fraquezas da natureza humana nos levam a administrar catastroficamente a complexidade. Um elemento central é o problema de "não vermos o que não queremos ver", ou o que nos círculos jurídicos se chama "cegueira deliberada". Recentemente, Margaret Heffernan, premiada mulher de negócios, escritora e teatróloga, estudou o fenômeno e publicou suas conclusões num volume intitulado justamente *Willful Blindness* (Cegueira deliberada). Aqui estão alguns exemplos de como a natureza humana é condicionada a não ver o que deveria estar vendo.

A sobrecarga de informações é de especial interesse para meu argumento de que o "inchaço" da complexidade é a causa básica dos eventos X. Heffernan fala sobre como a multiplicidade de tarefas e uma superdose de estímulos sensoriais, combinadas à exaustão física, podem reduzir o foco do que vemos e não vemos. Compartilhado por muitos estudiosos, entre eles o escritor Nicholas Carr, que chama o fenômeno de "carga cognitiva", seu raciocínio é simples: a concentração é mais difícil quando estamos cansados, pois o cérebro consome tanta energia para permanecer alerta que nossas funções mais sofisticadas são desligadas, a fim de conservar energia. Isso, por sua vez, diminui o foco do que podemos ou não "ver". Como exemplo, Heffernan descreve uma explosão numa refinaria de petróleo da BP em Texas City, Texas, em 2005. Ela examinou esse acidente e descobriu que a refinaria havia sofrido várias rodadas de demissões para redução de custos, forçando os funcionários remanescentes a trabalhar por longos e cansativos turnos, o que reduziu sua capacidade de ver sinais de advertência do desastre que matou quinze pessoas.

Como outro exemplo do mesmo processo, Heffernan cita o caso do

segundo-sargento Ivan Frederick II, condenado à prisão em 2004 por maltratar prisioneiros na deplorável prisão de Abu Ghraib, em Bagdá. Por um longo período, Frederick vinha trabalhando em turnos de doze horas, sete dias por semana, com pouquíssimas folgas. Esse regime levou à exaustão física, exacerbada pelo fato de estar cercado de colegas na mesma situação. Na descrição de Heffernan, "ninguém estava suficientemente desperto para que restasse qualquer sensibilidade moral".

A mentalidade de rebanho que mencionei várias vezes em meu relato também entra em ação no contexto da cegueira deliberada, nesse caso sob o rótulo de "efeito de Cassandra". De acordo com a mitologia grega, Cassandra recebeu o dom da profecia combinado à maldição de que ninguém acreditaria nela. Tais videntes costumam ser punidos com rigor no tribunal da opinião pública, levando os profetas a preferir não divulgar as suas profecias. De novo no contexto da prisão de Abu Ghraib, temos o caso de Joe Darby, que entregou aos seus superiores fotos de maus-tratos aos prisioneiros. Como contou Darby: "Eu tive de optar entre o que sabia ser moralmente certo e minha lealdade aos outros soldados. Não era possível fazer as duas coisas." O que acabou acontecendo foi que ele se viu obrigado a mudar de cidade e assumir uma identidade nova, porque alguns moradores de sua própria cidade natal o viam como um traidor. Um profeta, portanto, não costuma receber agradecimentos ou homenagens.

O livro de Heffernan termina com a mensagem: "Tornamo-nos impotentes quando optamos pela ignorância." No contexto deste livro, eu poderia parafraseá-la dizendo que abrimos as portas para acontecimentos potencialmente devastadores quando optamos por não ver em vez de enfrentar a realidade.

• • •

NUM ATAQUE MORDAZ À desigualdade de renda crescente nos Estados Unidos publicado na revista *Vanity Fair* em 2011, Joseph Stiglitz, economista laureado com o Prêmio Nobel, fez a seguinte afirmação: "Uma elite formada por 1% da população possui as melhores casas, a melhor educação, os melhores médicos e os melhores estilos de vida, mas existe uma coisa que o dinheiro parece não ter comprado: uma compreensão de que seu destino está ligado ao modo como vivem os outros 99%." A partir dessa observação, podemos inferir que o número de opções de estilo de vida disponíveis, incluindo casas, médicos, viagens e educação, serve como um indicador razoável do nível de complexidade da existência de uma pessoa. Em termos sucintos, de quanto mais opções você dispõe, mais complexa é sua vida. Esse é um bom indicador inicial. Se conto com a opção de trabalhar num emprego ou não, de viajar nas férias para a Costa Rica ou para a Nova Zelândia ou ainda excursionar pelos Andes, de

tratar meu câncer no Sloan-Kettering Hospital, em Nova York, ou na Clínica Mayo, ou de pagar os estudos de meu filho numa universidade de elite, minha vida é bem mais complexa do que se eu não dispuser dessas escolhas. Em outras palavras, podemos dizer que os ricos possuem muitos graus de liberdade (ou seja, opções de ação). O que realmente escolho fazer não afeta o nível de complexidade de minha vida. Para torná-la complexa, basta que eu tenha opções disponíveis. E, em grande parte, elas são compradas com dinheiro.

Com esse conceito de complexidade em mente, não resta dúvida de que os EUA estão experimentando um desequilíbrio da complexidade social que cresceu de forma exponencial nas últimas décadas. O desnível chegou a um ponto em que 1% da população detém mais de 25% da renda e, o que é ainda pior, concentra incríveis 40% do ativo total. Esses dois índices eram de 12% e 33%, respectivamente, em 1985. Segundo os argumentos que defendi no decorrer deste livro, especialmente nas histórias de alguns eventos extremos na Parte II, estamos à beira de uma vigorosa sacudidela que resultará num rápido e doloroso evento extremo para eliminar esse desnível.

Karl Marx proferiu esta famosa frase: "A história se repete, primeiro como tragédia, depois como farsa." Pintei aqui um quadro sombrio de como a complexidade criada pelo homem se encaixa perfeitamente na visão marxista da história. Um fato especialmente triste, pois ao mesmo tempo estamos vivendo na sociedade tecnologicamente mais avançada que a humanidade já conheceu. No entanto, continuamos lançando as sementes de nossa própria destruição, sementes que pela primeira vez na história são capazes de evoluir para a destruição de toda a nossa espécie. Este é um bom ponto para pensar seriamente se alcançaremos a segunda fase da história e conseguiremos recordar a nossa fase trágica com bom humor e admiração. Gostaria de delinear nas últimas páginas deste livro algumas ideias do que poderíamos fazer hoje, amanhã e depois de amanhã para reparar ou minimizar os efeitos dos desequilíbrios de complexidade. Sustento que ainda há bastante espaço para o otimismo — mesmo em um mundo repleto de eventos X.

O DILEMA DA DIMINUIÇÃO DO RISCO

OS MAIS DRAMÁTICOS DOS eventos extremos são aqueles que chegam às manchetes. Ao ler sobre a enchente de Bangcoc em 2011 ou pensar no furacão Katrina e no rompimento dos diques em Nova Orleans em 2005, é fácil se tornar fatalista em relação a esse tipo de desastre natural. E quem poderia culpá-lo? Se seus pensamentos se desviarem desses eventos "menores" para algo como o impacto do asteroide ou a erupção do supervulcão discutidos brevemente na Parte I, é difícil ser otimista quanto ao futuro após tais catástrofes. Eles seriam

suficientes para deixar qualquer um desesperado. Contudo, tal atitude não precisa nem deve nos cegar para o fato de que os eventos X causados pelo homem, descritos na Parte II, são na maior parte possíveis de evitar. Ou, na pior das hipóteses, seus danos podem ser bem reduzidos pela atenção humana e ação preventiva. As várias análises da crise financeira de 2007 ilustram a possibilidade de evitar os eventos extremos, contanto que estejamos dispostos a mudar nossos pontos de vista sobre a forma como um sistema pode e deve funcionar. No entanto, mudar as crenças é um processo bem mais doloroso, difícil e demorado do que mudar de sentimentos.

Aqueles que vivem no mundo moderno e industrializado não parecem ainda preparados para aceitar o fato de que a vida não está livre de riscos. Temos sido mimados e protegidos a ponto de realmente esperar que nossos governos e outras instituições públicas resolvam todos os problemas, realizem nossas esperanças e satisfaçam nossas necessidades sem que isso nos represente um custo ou um risco. Em suma, caímos na crença equivocada de que todos podem estar acima da média, de que todos têm o direito nato de viver uma vida feliz e livre de riscos e de que qualquer sofrimento, decisão errada ou mesmo a má sorte devem ser deixados na soleira da porta de outra pessoa. Portanto, o primeiro passo na estrada rumo à realidade é abandonar as ilusões de utopia. Embora a máxima citada de T. S. Eliot sobre a incapacidade humana de suportar o excesso de realidade pareça pertinente, excesso de realidade e *alguma* realidade são coisas bem diferentes. Ilustrarei o valor de preferir a realidade ao mito citando o trabalho de Monica Schoch-Spana que distingue ambos.

Num seminário chamado Segurança Nacional, Meio Ambiente e o Público (Homeland Security, the Environment and the Public), realizado em 2005, Monica Schoch-Spana delineou cinco mitos sobre desastres e as realidades associadas, com atenção especial ao problema do comportamento social após um evento extremo. Seus argumentos apontam para o fato de que aquilo que as pessoas pensam que será a reação pública a um evento extremo — com base em simples palpites, intuição e crenças — não resiste ao teste da realidade. Eis um dos exemplos que ela apresenta.

Mito: Quando a vida e a integridade física são ameaçadas em grande escala, as pessoas entram em pânico. Elas revertem à sua natureza selvagem, e as normas sociais logo se dissolvem.

Fato: Repetidos estudos mostram que, em uma situação de emergência, as pessoas raramente revertem à mentalidade do barco salva-vidas, de cada um por si. O mais revelador é que, em pesquisas sobre como *acham* que se comportarão quando o desastre surgir, as pessoas geralmente respondem que reverterão à lei da selva. Mas, na verdade, o pânico constitui a exceção, e o que prevalece mesmo é a resolução criativa de problemas.

Como exemplo, o estudo cita o terremoto de Loma Prieta, em 1989, na

Califórnia, onde 49 das cinquenta pessoas retiradas dos escombros não foram salvas por profissionais de resgate, e sim por um grupo de oito trabalhadores de construção mexicanos que por acaso se encontravam na vizinhança. Histórias semelhantes são contadas sobre as reações altruístas das vítimas diretas dos atentados terroristas de 11 de setembro e no metrô londrino. Não posso resistir a contar mais um dos mitos de Schoch-Spana, por estar diretamente relacionado aos acontecimentos extremos delineados neste livro.

Mito: Os desastres naturais são predeterminados. Não há nenhum meio real de impedir sua ocorrência. O mesmo vale para as exigências burocráticas, outra das chamadas forças imutáveis.

Fato: Durante o período de 1975 a 1994, os furacões foram o segundo desastre natural mais caro em perdas de propriedades e o terceiro em baixas humanas. Previsões melhores e códigos de edificações mais rigorosos relegaram os furacões à sétima maior causa de mortes por desastres naturais.

A lição mais importante a extrairmos desse estudo revelador é que o resultado de um evento extremo causado pelo homem não é algo imutável ou inevitável. A ação humana pode afetar fortemente o número de vidas e/ou de dinheiro perdido. Além disso, existe com frequência um raio de esperança até para a mais negra nuvem. Para ilustrar esse fato, retornemos rapidamente ao terremoto de março de 2011 e alguns dos potenciais efeitos secundários sobre a sociedade japonesa.

• • •

LOGO APÓS O TERREMOTO no Japão, o colunista financeiro William Pesek observou que os abalos desempenham um papel relevante na psique japonesa não apenas como geradores de traumas físicos, mas também de mudança social. Ele cita o terremoto de 1855 que arrasou o que hoje é a Tóquio moderna e encerrou o isolamento japonês do período Tokugawa. A reconstrução após o tremor de 1923 rapidamente levou à ascensão do militarismo japonês, enquanto o terremoto de Kobe, de 1995, prenunciou o fim do boom industrial do pós-guerra e a consequente deflação que vigora no país desde então. Assim sendo, pergunta Pesek, a mudança histórica estará de novo no horizonte?

Aqui estão três possíveis mudanças identificadas por Pesek para que o terremoto sirva de catalisador para resgatar o Japão de décadas de torpor deflacionário:

> ***Choque político:*** Apesar de anos de deflação e salários estagnados, as autoridades japonesas hesitam em tomar ações decisivas para atacar seus

problemas econômicos, mesmo depois que a China ultrapassou o país e se tornou a segunda maior economia do mundo em 2010. O terremoto pode servir para chacoalhar o governo japonês, tirando-o da complacência e paralisia. Não há outra escolha senão reconstruir o país sem grande endividamento, com o foco no desenvolvimento de estruturas econômicas internas que enfatizem o empreendedorismo.

Melhores relações com a China: As condolências da China e a oferta imediata de ajuda ao Japão após o terremoto podem servir para reduzir as tensões entre as duas nações. Velhos litígios sobre territórios, atividades militares e coisas semelhantes podem desaparecer em uma nova era de "relações amistosas" entre os dois países, como resultado da tragédia japonesa.

Aumento da confiança japonesa: As pessoas ao redor do mundo se surpreenderam com a rápida reação do Japão aos danos do terremoto e a disciplina do povo em face de tamanha catástrofe. A ausência de saques e distúrbios sociais mostrou que o Japão é uma sociedade estável e compassiva, altamente civilizada; em suma, um modelo de como é possível reagir a um desastre imenso.

A moral dessa história é que um evento extremo pode, além de ser um problema, servir como oportunidade.

Olhando a lista de possíveis eventos X examinados na Parte II, vemos um mundo em que

• o petróleo está se esgotando,
• as redes elétricas estão sobrecarregadas além da conta,
• a internet está à beira de uma pane e
• os preços dos alimentos aumentam além da capacidade aquisitiva da maioria das pessoas.

Essa lista é bem intimidante e com certeza não inspira uma visão otimista do futuro. Mas, em sua maioria, seus itens ainda são meras possibilidades, não realidades. Embora algumas sejam bem prováveis, a boa notícia é que a maior parte pode ser prevista (como fiz aqui) e até evitada. A má notícia, porém, é que é difícil dar atenção a meras possibilidades, sobretudo quando são raras e o período de tempo é indefinido. De acordo com o que gosto de denominar Paradoxo do Cisne Feio, embora todos concordem que surpresas sempre ocorrem, nenhuma surpresa *específica* jamais vem a ocorrer. Essa atitude precisa ser combatida constantemente. Surpresas específicas, mesmo aquelas

delineadas na Parte II, podem acontecer. E acontecem mesmo quando parecem tão desagradáveis que é preferível não pensar nelas e assim se enganar achando que não podem ocorrer. Elas ocorrerão mesmo assim. Os danos serão infinitamente maiores se você enterrar a cabeça na areia e fingir que nada acontecerá.

A essência de minha mensagem neste livro é que a sobrecarga de complexidade é responsável por precipitar a ocorrência dos eventos X. Essa sobrecarga pode se manifestar como uma tensão ou pressão incontrolável em um só sistema, seja uma sociedade, uma empresa ou mesmo um indivíduo. O acontecimento extremo que reduz a pressão varia de um abalo social a uma falência empresarial ou um colapso nervoso. Mas com frequência a sobrecarga assume a forma de dois ou mais sistemas em interação, em que a complexidade de um dos sistemas sobrepuja a do(s) outro(s), caso em que aparece um desnível. À medida que esse desnível se expande no decorrer do tempo, o que poderíamos denominar "pressão interativa" aumenta. Se não for liberada pela gradual redução do desnível, a pressão acabará sendo liberada por um fechamento súbito sob a forma de um evento extremo. Assim, sem o equivalente social à "válvula de escape da pressão" para reduzir lentamente o desnível de complexidade, um evento extremo assoma no futuro.

Visto dessa perspectiva, o tamanho da sobrecarga/desnível de complexidade é um novo meio de medir o risco de um evento X, o que poderíamos chamar de "risco X". Quando a magnitude da sobrecarga é muito alta, o risco é grande; quando é baixa, o risco é menor. Nosso objetivo como indivíduos e membros da sociedade é agirmos para reduzir o risco X. Como fazê-lo?

Primeiro, observe que a redução do desnível de complexidade apresenta dois aspectos bem diferentes. De longe, o mais importante é, antes de mais nada, como evitar o aparecimento de tal desnível. Como diz o ditado, mais vale prevenir do que remediar. E ele nunca foi mais verdadeiro do que nessa situação. Evitar essa lacuna significa projetar nossos sistemas para que funcionem como um todo unificado, e não como uma coleção de sistemas geridos isoladamente. A rede elétrica está ligada à internet, que por sua vez se encontra ligada ao sistema financeiro e assim por diante. Não podemos mais permitir que alguns sistemas desenvolvam um nível de complexidade em total desarmonia com os outros, de que se alimentam e dos quais dependem.

Nas épocas em que as pessoas percebem o risco extremo como baixo, a emoção da ganância costuma prevalecer sobre a sensação de medo. Vimos isso em abundância durante a crise financeira recente, quando banqueiros, corretores e investidores compraram a ideia de dinheiro "grátis" em ativos como títulos garantidos por hipotecas, que pareciam bons demais para ser verdade. E eram mesmo! Portanto, é nessas ocasiões que as autoridades reguladoras devem prestar atenção especial para conter os excessos da "exuberância irracional",

para usar uma expressão agora desacreditada.

Por outro lado, em épocas em que a percepção do risco extremo é alta, o medo domina a ganância, e a redução da complexidade entra na ordem do dia. De novo, no atual clima econômico, essa redução assume a forma do fechamento de subsidiárias, demissão de funcionários e coisas semelhantes. Tais ações também precisam ser cuidadosamente monitoradas e até regulamentadas para que a emenda não saia pior que o soneto. Complexidade pequena demais numa parte do sistema geral sem reduções correspondentes em outras partes deixa o mesmo desnível capaz de gerar um evento X. Nada é de graça. É preciso adicionar e subtrair criteriosamente a complexidade no sistema como um todo para eliminar os desequilíbrios. Concentrar-se em apenas um ou dois subsistemas, como finanças ou comunicações, enquanto se ignora os outros dará apenas a ilusão de progresso, uma ilusão que um evento extremo logo destroçará. Uma linha de argumentação semelhante se aplica a reduzir, em vez de evitar, um desnível de complexidade existente. Eis alguns princípios gerais que se aplicam aos dois casos.

Antes de mais nada, sistemas e indivíduos devem ser tão *adaptáveis* quanto possível. O futuro é sempre um local desconhecido e assustador. Hoje em dia é ainda mais assustador e desconhecido do que costumava ser. Assim, desenvolver a nós mesmos e a nossas infraestruturas para que tenham mais graus de liberdade a fim de combaterem ou explorarem o que possa aparecer pela frente é uma boa estratégia básica.

Estreitamente aliada à adaptabilidade é a *resiliência*. Ela pode combater a sobrecarga de complexidade criando uma infraestrutura geral que seja capaz de enfrentar as dificuldades. Na verdade, não só enfrentá-las, mas se beneficiar delas. Um bom exemplo vem da silvicultura. As autoridades que administram florestas regularmente ateiam incêndios *controlados* para queimar a madeira excessiva que, de outra forma, serviria para alimentar incêndios maiores e incontroláveis quando raios, campistas perdidos, incendiários ou outros acontecimentos imprevistos inevitavelmente ateassem fogo na floresta.

Redundância, incorporar capacidade ociosa, é um método testado e comprovado de manter um sistema funcionando em face de choques desconhecidos e muitas vezes incompreensíveis. Todo administrador de computador sabe disso, bem como quase todos os usuários de computadores. O segredo é dispor de peças extras suficientes para pôr no ar quando um ou outro componente do sistema falha. Essa ferramenta de minimização de riscos extremos está fortemente associada ao princípio da complexidade “Tudo Tem um Preço” apresentado na Parte I. Como compatibilizar o custo de manter um sistema robusto com a perda de eficiência econômica que o backup implica? No nível pessoal, custa dinheiro e tempo comprar software e hardware para criar e armazenar backups regulares dos dados em seu computador ou num disco rígido

externo. Essas operações também levam tempo. Mas, se você é o autor de um livro como este, pagará de bom grado a quantia necessária em troca da tranquilidade de saber que um ano de trabalho não se perderá por apertar uma tecla errada ou ocorrer um pico de luz.

Claro que adaptação, resiliência e redundância são apenas princípios gerais, diretrizes se você preferir, não um plano detalhado para se prevenir ou combater a sobrecarga de complexidade subjacente a eventos extremos. Os princípios precisam ser interpretados dentro de um dado contexto, quanto ao seu *sentido* real nesse contexto e a como esse sentido pode ser traduzido em ações que aplicam o princípio dentro do dado ambiente. E isso se aplica quer o ambiente seja sua vida pessoal ou a vida de um país inteiro, ou mesmo do mundo. A sobrecarga de complexidade não é inevitável. Mas é endêmica. Como acontece com o preço da liberdade, a eterna vigilância também é o preço para evitar os eventos extremos.

Minha palavra final, então, é aceitar que eventos X vão ocorrer. É uma realidade da vida. Portanto, prepare-se para eles como você se prepararia para qualquer outro acontecimento radical, mas essencialmente imprevisível. Isso significa permanecer adaptável e aberto a novas possibilidades, criar uma vida com muitos graus de liberdade, educando-se para ser o mais autossuficiente possível e não deixar a esperança ser substituída pelo medo e pelo desespero. A humanidade sobreviveu a eventos extremos bem piores que os que listamos neste livro e voltará a sobreviver. Pogo, personagem do cartunista Walt Kelly, declarou: “Encontramos o inimigo, e somos nós.” Quanto mais pudermos fazer para mudar essa afirmação, mais capazes seremos de enfrentar o que vier pela frente.

NOTAS E REFERÊNCIAS

Preâmbulo: Qual é o X da questão

Alguns livros esclarecedores sobre eventos extremos e os problemas sociais concomitantes, em diversos níveis de sofisticação acadêmica e detalhes:

Warsh, D. *The Idea of Economic Complexity* (Nova York: Viking, 1984).

Posner, R. *Catastrophe: Risk and Response* (Nova York: Oxford University Press, 2004).

Clarke, L. *Worst Cases: Terror and Catastrophe in the Popular Imagination* (Chicago: University of Chicago Press, 2006).

Rees, M. *Hora final* (São Paulo: Companhia das Letras, 2005).

Leslie, J. *The End of the World* (Londres: Routledge, 1996).

Homer-Dixon, T. *The Upside of Down* (Washington, D.C.: Island Press, 2006).

Essa coleção é uma ótima introdução ao tema deste livro. O livro de Warsh é um desses raros livros que, em minha opinião, serão vistos no futuro como os precursores de uma forma totalmente nova de enxergar os processos econômicos em particular e os processos sociais em geral. Richard Posner, juiz de Chicago, apresenta uma longa lista de catástrofes com um jeito tranquilo, fundamentado, conciso, quase trivial. O livro de Lee Clarke trata tanto dos aspectos psicológicos das possíveis vítimas de ataques terroristas e calamidades naturais quanto dos acontecimentos em si. É um bom contraponto à abordagem imparcial e analítica de Posner. Martin Rees é um dos mais ilustres cientistas britânicos, ex-presidente da Royal Society e astrônomo real. Seu livro, escrito para leigos, mostra de forma muito natural como a natureza nos derruba. Filósofo de formação, Leslie traz essa visão para a pergunta: A humanidade está ameaçada de extinção? Provavelmente sim, conclui. Sua abordagem é abrangente do ponto de vista acadêmico e fácil de ler – uma combinação rara. Embora trate do lado um pouco mais sombrio da questão, o livro de Homer-Dixon oferece uma luz no fim do túnel. Ele nos mostra como fazer com que nossa sociedade seja suficientemente resiliente para sobreviver no próximo século.

1 Se você estiver interessado em saber mais a respeito de **Bryan Berg** e seu enorme castelo de cartas, visite: http://newslite.tv/2010/03/11/man-builds-the-worlds-largest.html.

2 Para os detalhes da simulação de beisebol mostrando que a **sequência de rebatidas de Joe DiMaggio** não foi tão especial assim, ver Arbesman, S. e S. Strogatz. “A Journey to Baseball’s Alternate Universe.” *The New*

York Times, 30 de março de 2008.

3 A **fórmula analítica** mencionada no texto para caracterizar quão extremo é um evento é $X = MI(1 - TD/(TD + TI))$, em que *MI* é a magnitude de impacto medida em unidades fracionais, como dólares de estrago *versus* PIB total ou vidas perdidas *versus* total de mortes anuais, para que *MI* seja um número entre 0 e 1. Se você não se importar com essa normalização, pode utilizar o número absoluto de mortes ou de dólares. De qualquer maneira, o resultado final dará uma ideia do grau de extremismo relativo ao evento, mesmo não sendo um número entre 0 e 1. *TD* é o tempo de desdobramento, e *TI* é seu tempo de impacto. O valor final de X será, portanto, um número entre 0 e 1. Quanto maior esse valor, maior o "grau de extremismo". Só para esclarecer, não utilizo essa fórmula para medir a magnitude. Ela é simplesmente uma diretriz para sua classificação.

4 Um post interessante sobre o problema de **colapso de complexidade e sociedade moderna**, escrito pelo ex-agente do Departamento de Inteligência das Forças Armadas americanas James Wesley Rawles: http://www.survivalblog.com/2010/06/is_modern_society_doomed_to_co Ele publicou recentemente o romance *Survivors,* descrevendo como poderá ser a sociedade quando todas as infraestruturas das quais dependemos no dia a dia desaparecerem de uma hora para outra.

5 A versão original da **lei da complexidade necessária** foi concebida, em 1956, pelo especialista em cibernética W. Ross Ashby, que a denominou lei da variedade necessária. Talvez esse nome seja melhor, pois dá a ideia que enfatizei neste livro da complexidade atrelada à diversidade de ações (os graus de liberdade) de que um sistema dispõe para solucionar qualquer problema que surja. O trabalho de Ashby sobre o assunto encontra-se em seu livro, pioneiro no assunto, *An Introduction to Cybernetics* (Londres: Chapman and Hall, 1956).

Um relato recente sobre a ideia básica no contexto do mundo do comércio, escrito pelo consultor internacional de negócios Alexander Athanassoulas, aparece em: Athanassoulas, A. "The Law of Requisite Variety." *Business Partners,* janeiro–fevereiro de 2011, 16.

Parte I: Por que o normal já não é mais tão "normal"

6 Um bom resumo da obra de Ambrose na definição do estrangulamento evolutivo criado pelo **vulcão Toba** está disponível no site: www.bradshawfoundation.com/stanley_ambrose.php. Os detalhes completos estão em: Ambrose, S. "Late Pleistocene Human Population Bottlenecks, Volcanic Winter, and Differentiation of Modern Humans".

Journal of Human Evolution, 34 (1998), 623–651.

7 O conceito do que chamo de "**sobrecarga de complexidade**" já existe há alguns anos. Aqui vai uma amostra eclética de algumas ideias que têm circulado na internet explorando esse conceito, numa tentativa de entender as crises financeiras, a internet, a Primavera Árabe e a simples vida cotidiana:

Helgesen, V. "The Butterfly and the Arab Spring". Editorial em *International IDEA* (www.idea.int/news/butterfly-arab-spring.html).

Barratt, P. "Systemic Complexity, the Internet, and Foreign Policy" (http://belshaw.blogspot.com/2010/12/).

Nickerson, N. "On Markets and Complexity". *Technology Review,* 2 de abril de 2011 (www.techologyreview.com).

Danielsson, J. "Complexity Kills" (www.voxeu.org).

Norman, D. "The Complexity of Everyday Life" (www.jnd.org/dn.mss/the_complexity_of_everyday_life.html).

8 **A crise causada pela ectromelia infecciosa** aparece em "The Mousepox Experience". *EMBO Reports* (2010) 11, 18–24. (Publicação on-line: 11 de dezembro de 2009.)

9 A declaração do **general Carl Strock** citada no texto foi extraída da entrevista com Margaret Warner na PBS: http://www.pbs.org/newshour/bb/weather/july-dec05/strock_9-2.html.

10 O best-seller de Nassim Taleb que chamou a atenção do público em geral para as **distribuições de cauda pesada** é: Taleb, N. *A lógica do cisne negro* (Rio de Janeiro: Editora Best Seller, 2008).

11 A declaração de **Ray Ozzie** sobre o efeito sufocante da complexidade foi citada no seguinte artigo: Lohr, S. and J. Markoff. "Windows Is So Slow, but Why?" *The New York Times,* 27 de março de 2006.

12 A descrição popular de colapso social apresentada por Jared Diamond no livro citado a seguir é a versão que chamou a atenção nos últimos anos. Mas a obra de **Joseph Tainter**, publicada antes, alegrará o coração de todo cientista da complexidade. Ambos são leituras fantásticas:

Diamond, J. *Colapso* (Rio de Janeiro: Record, 2005).

Tainter, J. *The Collapse of Complex Societies* (Cambridge: Cambridge University Press, 1988).

Uma estimulante descrição dos argumentos apresentados nesses dois livros pode ser encontrada no artigo: MacKenzie, D. "Are We Doomed?" *New Scientist,* 5 de abril de 2008, 33–35.

13 Nas duas décadas mais ou menos desde que o **Instituto Santa Fé** popularizou a ideia de complexidade e sistemas complexos, muitos de seus alunos e de outras instituições publicaram livros sobre esse paradigma de

desenvolvimento (incluindo este que vos fala). Eis alguns exemplos para o leitor interessado em ter uma ideia do assunto:

Casti, J. *Complexification* (Nova York: HarperCollins, 1994).

Cowan, G., Pines, D., and Meltzer, D. (eds.). *Complexity: Metaphors, Models, and Reality* (Reading, MA: Addison-Wesley, 1994).

Miller, J. and Page, S. *Complex Adaptive Systems* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2007).

Mitchell, M. *Complexity: A Guided Tour* (Nova York: Oxford University Press, 2011).

Parte II: Os casos

Para este segmento, utilizei material de um artigo escrito por mim como parte de um estudo da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) sobre choques globais, em especial nos capítulos relacionados a internet, pandemias e deflação, que não chegou a ser publicado. O artigo completo pode ser encontrado em:

Casti, J., "Four Faces of Tomorrow", Projeto internacional OCDE sobre futuros choques globais, OCDE, Paris, Janeiro de 2011 (www.oecd.org/dataoecd/57/ 60/46890038.pdf).

14 As ideias de Hempsell que apresentam as categorias descritas aqui estão em Hempsell, C. M. "The Potential for Space Intervention in Global Catastrophes". *Journal of the British Interplanetary Society, 57* (2004), 14–21.

Um artigo relacionado que foca em eventos ligados à extinção é Bostrum, N. "Existential Risks". *Journal of Evolution and Technology, 9* (março de 2002).

Apagão digital: uma interrupção generalizada e duradoura da internet

Ao contrário de alguns outros tópicos tratados na Parte II, a quantidade de informações disponíveis sobre segurança na internet realmente é de confundir qualquer um. Além disso, no momento, a questão está passando por uma grande reavaliação. Seria, portanto, inútil apresentar uma longa lista de citações aqui, uma vez que a maioria delas cairia em desuso muito antes da publicação deste livro. Resolvi, então, listar apenas algumas indicações bem gerais, assim como artigos específicos que formam o pano de fundo das principais histórias apresentadas no capítulo. Para informações mais atualizadas, sugiro que o leitor busque na internet termos como "segurança cibernética" ou "guerra cibernética".

Dois trabalhos recentes muito interessantes e esclarecedores sobre internet e seu futuro são os livros:

Zittrain, J. *The Future of the Internet* (New Haven, CT: Yale University Press, 2008).
Morozov, E. *The Net Delusion* (Cambridge, MA: Public Affairs, 2011).

O primeiro é um relato bem equilibrado dos prós e contras da internet atual, destacando o fato de que os crackers estão obtendo vantagem, com spywares, vírus e outros tipos de malware começando a desfazer os benefícios de comunicação e disponibilidade de informações. O autor, então, apresenta um programa para preservar o lado bom e acabar com o lado ruim. Em seu livro, Morozov defende a tese muito mais radical de que toda a ideia de "liberdade na internet" é pura ilusão. A tecnologia não tornou o mundo um lugar mais democrático. Na verdade, fez com que regimes autoritários exercessem sobre seus cidadãos ainda mais controle do que antes. Morozov afirma que, na realidade, estamos todos sendo pacificados pela internet, em vez de utilizá-la como bem queremos. No cômputo geral, o livro defende uma tese bastante polêmica, que todo usuário deveria conhecer.

15 A história da **descoberta de Dan Kaminsky** do defeito no sistema DNS é contada em: Davis, J. "Secret Geek A-Team Hacks Back, Defends Worldwide Web". *Wired,16,* no. 12 (24 de novembro de 2008).

Como exemplo da grande quantidade de bibliografia sobre uma possível pane na internet, o seguinte artigo é bem representativo (e observe que ele foi escrito em 1997!): Garfinkel, S. "50 Ways to Crash the Internet". *Wired,* 19 de agosto de 1997.

Eu poderia enumerar mais uma dezena de artigos, todos contando mais ou menos a mesma história, mas o artigo acima é o mais divertido, e pouquíssimos dos cinquenta métodos discutidos foram efetivamente neutralizados, mesmo hoje, mais de quinze anos após sua publicação.

16 O problema da **escalabilidade de roteadores** é abordado nos seguintes sites:
http://www.potaroo.net/ispcol/2009-03/bgp2008.html.
http://blog.caida.org/best_available_data/2008/05/10/top-ten-things-lawyers-should-know-about-internet-research-8/.

17 A história da **técnica de Schuchard** para derrubar a internet via *botnets* está documentada em: Aron, J. "The Cyberweapon That Could Take Down the Internet" (http://www.newscientist.com/article/dn20113-the-cyberweapon-that-couldtake-down-the-internet.html).

18 O **worm Stuxnet** foi descoberto em 2010 pelo alemão Ralph Langner, especialista em segurança de computadores. Seu profundo estudo a respeito das peculiaridades desse worm, juntamente com o fato de que o Stuxnet parecia visar, sobretudo, as unidades nucleares iranianas, o levou à ousada afirmação de que o Stuxnet é, na verdade, um software maligno, criado por membros do serviço de inteligência americano, que

acabou fugindo ao controle de seus criadores. Para ler essa história, ver: Gjelten, T. “Security Expert: U.S. ‘Leading Force’ Behind Stuxnet”. *PBS*, 26 de setembro de 2011 (http://www.npr.org/2011/09/26/140789306/security-expert-us-leading-force-behind-stuxnet).

19 Um excelente panorama de todo o **problema DOS** encontra-se em: Mirkovic, J. et al. “Understanding Denial of Service.” *InformIT,* 12 de agosto de 2005 (http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=386163).

20 Infelizmente, não tenho como dar mais informações a respeito do artigo de **Noam Eppel sobre ataques desenfreados à segurança na internet**, uma vez que, conforme mencionado no texto, o site onde se encontrava o artigo saiu do ar, e o artigo parece ter se evaporado.

Finalmente, o leitor pode querer conhecer a visão de Dave Pollard sobre como a vida será após as panes da internet. Não coloquei no texto, mas é interessante. Está em:

Pollard, D. “What Are You Going to Do When the Internet’s Gone?” (www.howtosavetheworld.ca/2010/05/04/what-are-you-going-to-do-when-the-Internets-gone).

Quando vamos comer? O esgotamento do sistema global de abastecimento de alimentos

21 Um relato acessível sobre a **doença das árvores no Reino Unido** pode ser encontrado no seguinte artigo: Middleton, C. “Red Alert in Britain’s Forests as Black Death Sweeps In”. *Daily Telegraph,* 3 de fevereiro de 2011.

Mais informações a respeito podem ser encontradas no site da UK Forestry Commission, www.forestry.gov.uk/pramorum.

22 O romance esclarecedor de John Christopher sobre os efeitos sociais do vírus **Chung-Li**, que destrói plantações de comida no mundo inteiro, foi publicado originalmente em 1956. Uma edição recente: Christopher, J. *The Death of Grass* (Londres: Penguin, 2009).

23 A **câmara subterrânea** foi bastante noticiada na imprensa na época de sua inauguração, em 2008. Ver, por exemplo: Mellgren, D. “‘Doomsday’ Seed Vault Opens in Arctic”, texto da Associated Press, 2008 (www.seedvault.no).

24 A **morte das abelhas** é uma história contada no livro: Jacobsen, R. *Fruitless Fall* (Nova York: Bloomsbury, 2008).

Dois dos diversos relatos sobre os dois lados da história da destruição das abelhas de mel estão retratados em:

Aizen, M. e Harder, L. “The Truth About the Disappearing Honeybees”. *New Scientist,* 26 de outubro de 2009.

Armstrong, D. “Bee Killing Disease May Be Combination Attack”. *Bloomberg News,* 7 de outubro de 2010.

25 A história da **odisseia da Sra. Galviso** para encontrar o arroz de jasmim para sua família está em: http://www.businessweek.com/bwdaily/dnflash/content/apr2008/db20080

O grande aumento do preço dos alimentos no mundo inteiro foi comentado em diversos artigos e livros. Alguns dos mais acessíveis aos leitores em geral são:

Brown, L. “The Great Food Crisis of 2011”. *Foreign Policy,* 10 de janeiro de 2011.

Sircus, M. “Food/Financial Crisis of 2011” (http://agriculture.imva.info/food-prices/foodfinancial-crisis-of-2011).

Wallop, H. “Global Food Prices Hit New Record High”. CommonDreams.org, 3 de fevereiro de 2011 (www.commondreams.org/headline/2011/02/03-1).

Sen, A. “The Rich Get Hungrier”. *The New York Times,* 28 de maio de 2008 (http://www.nytimes.com/2008/05/28/opinion/28sen.html).

26 As ligações diretas entre o **aumento do preço dos alimentos e agitações sociais e políticas** é outro tema bastante noticiado nos últimos anos. Duas das muitas fontes que contribuíram para a discussão no texto são:

Karon, T. “How Hunger Could Topple Regimes”. *Time,* 2008 (www.time.com/time/world/article/0,8599,1730107,00.html).

Chang, G. “Global Food Wars”. *New Asia,* 21 de fevereiro de 2011 (blogs.forbes.com/gordonchang/2011/02/21/global-food-wars.html).

27 Um panorama bastante esclarecedor sobre o efeito que o **aquecimento global** está exercendo (e continuará a exercer) na produção de alimentos está disponível em: Gillis, J. “A Warming Planet Struggles to Feed Itself”. *The New York Times*, 4 de junho de 2011 (www.nytimes.com/2011/06/05/science/earth/05harvest.html)

O dia em que os eletrônicos pararam: um pulso eletromagnético continental destrói todos os aparelhos eletrônicos

Provavelmente a fonte de informações mais completas sobre o PEM como ameaça à sociedade é: *Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack, Volume 1. Executive Report* (Washington, D.C.: US Government Printing Office, 2004) (disponível na amazon.com).

Outra boa fonte é o livro: Gaffney, F. *War Footing: 10 Steps America Must Take to Prevail in the War for the Free World* (Annapolis, MD: US Naval Institute Press, 2005).

Embora pareça não haver muitos livros (de não ficção) sobre PEM, há uma grande quantidade de artigos em revistas profissionais e acadêmicas,

assim como posts na internet, sobre essa ameaça. Aqui vai uma pequena lista que me pareceu útil na hora de escrever esse capítulo:

Kopp, C. "The Electromagnetic Bomb: A Weapon of Electrical Mass Destruction". *In formation Warfare — Cyberterrorism: Protecting Your Personal Security in the Electronic Age,* ed. W. Schwartau (Nova York: Thunder Mouth Press, 1996).

Spencer, J. "The Electromagnetic Pulse Commission Warns of an Old Threat with a New Face". Backgrounder #1784, The Heritage Foundation, Washington, DC, 3 de agosto de 2004.

"Electromagnetic Pulse Risks and Terrorism". United States Action Group (http://www.unitedstatesaction.com/emp-terror.htm).

Dunn, J. R. "The EMP Threat: Electromagnetic Pulse Warfare". 21 de abril de 2006 (http://www.americanthinker.com/2006/04/the_emp_threat_electromagnetic.

28 A história de como os Estados Unidos e a URSS pensavam em um **ataque de PEM como salva de abertura** de um conflito nuclear durante a Guerra Fria é contada em: Burnham, D. "U.S. Fears One Bomb Could Cripple the Nation". *The New York Times,* 28 de junho de 1983, p. 1.

29 Como sempre, a literatura de ficção científica está bem à frente da realidade. Há diversos livros bem interessantes e assustadores disponíveis sobre a **vida após um ataque de PEM**. Um lançamento recente nessa área é: Forstchen, W. *One Second After* (Nova York: TOR Books, 2009).

30 As **citações do comandante militar chinês e do analista de defesa iraniano N. Nezami** estão no livro escrito pelo analista de defesa americano Frank J. Gaffney: Gaffney, F. *War Footing* (Annapolis, MD: Naval Institute Press, 2005).

Uma nova desordem mundial: o colapso da globalização

O fenômeno da globalização foi tão noticiado que sempre haverá um livro respaldando qualquer posição sobre o tema. Assim, vou enumerar apenas algumas publicações que consultei em preparação para a discussão encontrada no texto:

James, H. *The Creation and Destruction of Wealth* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2009).

Dumas, C. *Globalisation Fractures* (Londres: Profile Books, 2010).

Walljasper, J. "Is This the End of Globalization?" *Ode,* julho de 2004 (www.odemagazine.com).

31 Finalmente, eis a citação à **análise de Saul** sobre o colapso de todo o processo: Saul, J. R. *The Collapse of Globalism* (Victoria, Austrália: Penguin, 2005).

32 A história do **futuro da Rússia sob o comando de Vladimir Putin** é

caracterizada de forma muito parecida à descrita aqui nos seguintes artigos, que, por coincidência, foram publicados no mesmo dia, pelo mesmo jornal:

Freeland, C. "Failure Seen in Putin's Latest Move". *The New York Times,* 29 de setembro de 2011.

Charap, S. "In Russia, Turning Back the Clock". *The New York Times,* 29 de setembro de 2011.

33 A história da **Sra. Volkova e o triste destino dos liberais russos** é contada em: Barry, E. "For Russia's Liberals, Flickers of Hope Vanish". *The New York Times,* 25 de setembro de 2011.

34 A história do **colapso da União Europeia** como resultado do desânimo social coletivo na Europa está em: Casti, J. *Mood Matters: From Rising Skirt Lengths to the Collapse of World Powers* (Nova York: Copernicus, 2010).

35 As situações descritas no texto em relação a um **colapso do euro** encontram-se no seguinte artigo: Phillips, J. and P. Spina. "What Will Happen to Currencies If the Euro Collapses?" *Gold Forecaster Bulletin,* 30 de abril de 2010.

36 O **Projeto Proteus** é descrito de forma simples no livro: Loescher, M. S., Schroeder, C. e Thomas, C. W., organizado por Krause, P. *Proteus: Insights from 2020* (Washington, D.C.: Copernicus Institute Press, 2000).

37 Os **cenários da Global Business Network** em relação ao fim dos Estados Unidos são fornecidos em: Levin, J. "How Is America Going to End?" *Slate,* 3 de agosto de 2009 (www.slate.com/id/2223962/).

38 O **polêmico aval de Niall Ferguson** em relação à teoria dos sistemas complexos com base em análises históricas está em: Ferguson, N. "Empires on the Edge of Chaos." *Foreign Affairs,* março/abril de 2010 (www.informationclearinghouse.info/article24874.htm).

39 A **notícia da Bloomberg sobre casamatas para oligarcas** é: Pronina, L. "Apocalypse Angst Adds to Terrorist Threat as Rich Russians Acquire Bunkers." *Bloomberg News,* 12 de maio de 2011.

40 A **lista da revista Fortune de "novas situações normais"** está disponível na íntegra em: Tseng, N.-H. "Five 'New Normals' That Really Will Stick". *Money Magazine,* 23 de agosto de 2010 (http://money.cnn.com/2010/08/20/news/economy/New_normal_econon

Física mortífera: destruição da Terra pela criação de partículas exóticas

Uma leitura imperdível sobre a possibilidade de desastres com aceleradores destruindo o mundo é fornecida pelo físico Frank Wilczek, ganhador do Prêmio Nobel, em: Wilczek, F. "Big Troubles, Imagined and Real". Em *Global Catastrophic Risks,* orgs. N. Bostrum e M. Cirkovic (Oxford: Oxford University Press, 2008), pp. 346–362.

Duas outras discussões estimulantes em torno do mesmo tema são dadas dentro do contexto de um conjunto maior de acontecimentos extremos nos volumes:

Rees, M. *Our Final Century* (Londres: Arrow Books, 2003).

Posner, R. *Catastrophe: Risk and Response* (Oxford: Oxford University Press, 2004).

Uma discussão mais detalhada e acadêmica da história da física experimental ameaçando o mundo e de formas de avaliar o risco desses acontecimentos é o artigo: Kent, A. "A Critical Look at Risk Assessments for Global Catastrophes". *Risk Analysis, 24,* no 1 (2004), pp. 157–168.

41 Um relato fascinante da **origem das ideias de Higgs** e dos enormes obstáculos científicos e políticos que tiveram de ser superados para a construção do Grande Colisor de Hádrons em busca da "partícula de Deus" é encontrado no livro: Sample, I. *Massive: The Hunt for the God Particle* (Londres: Virgin Books, 2011).

42 Um relato jornalístico interessante dos supostos ***strangelets*** **que passaram pela Terra em 1993** é encontrado no artigo: Matthews, R. "Earth Punctuated by Tiny Cosmic Missiles". *London Daily Telegraph,* 5 de novembro de 2002.

43 Um estudo sociológico fascinante do choque entre ciência e interesse público no tocante ao **alvoroço sobre o RHIC de Brookhaven** se encontra no artigo: Crease, R. "Case of the Deadly Strangelets". *Physics World,* julho de 2000, pp. 19–20.

44 Uma história curta, mas completa, do **desenvolvimento do Grande Colisor de Hádrons (LHC)** se encontra no artigo da BBC: "Building the 'Big Bang' Machine", *BBC News*, 9 de abril de 2008 (http://news.bbc.co.uk/go/pr/fr/1/hi/sci/tech/7595855.stm).

É interessante ver o que os maiores físicos do mundo acham que advirá do LHC. Pouco antes que a máquina fosse oficialmente ligada, a revista *Newsweek* fez tal pesquisa, perguntando a pessoas como Stephen Hawking, Brian Greene e Steven Weinberg, entre outras, o que imaginavam que seria descoberto. Suas respostas se encontram em: "Forecasting the Fate of Mysteries", *Newsweek,* 6 de setembro de 2008.

A grande explosão: a desestabilização do panorama nuclear

45 Da década de 1950 até o final da década de 1960, a RAND Corporation era um ambiente muito estimulante do ponto de vista intelectual. Além de pessoas como **Herman Kahn** pensando nas questões nucleares discutidas aqui, havia matemáticos desenvolvendo novas ferramentas, como a teoria dos jogos, programação linear e dinâmica e análise de fluxo de rede para solucionar os problemas de otimização decorrentes dessas

próprias questões militares práticas. Além disso, economistas e outros cientistas trabalhavam no que ficou conhecido como "análise de custo-benefício", método de Delfos para prever o futuro e uma série de outros assuntos inéditos na época, que agora todo mundo conhece. Um relato interessante dessa época pode ser encontrado em: Smith, Bruce R. *The RAND Corporation: Case Study of a Nonprofit Advisory Corporation* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1966).

O polêmico livro de Herman Kahn sobre uma guerra nuclear é: Kahn, H. *On Thermonuclear War* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1960).

Uma biografia interessante e divertida sobre o trabalho de Kahn, incluindo a história completa de seu último status de guru da futurologia, é: Ghamari-Tabrizi, S. *The Worlds of Herman Kahn* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2005).

46 Um bom lugar para saber mais a respeito dos princípios básicos por trás da **estratégia MAD de dissuasão nuclear** é o seguinte livro do ganhador do Prêmio Nobel Thomas C. Schelling: Schelling, T. *Strategy of Conflict* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1960).

47 Além do **artigo de Birks e Crutzen** da *Ambio* citado no texto, o que desencadeou o acalorado debate sobre inverno nuclear foi o livro: Ehrlich, P. *et al*. *The Cold and the Dark: The World After Nuclear War* (Nova York: Norton, 1984).

Outro livro da mesma época que vale a pena consultar é: Greene, O., Percival, I., and Ridge, I. *Nuclear Winter* (Cambridge, Reino Unido: Polity Press, 1985).

O artigo TTAPS de Carl Sagan e seus colegas, que estabeleceu a base científica do inverno nuclear, é: Turco, R. *et al.* "Global Atmospheric Consequences of Nuclear War." *Science, 222* (1983), 1283ff.

Muitas outras discussões sobre o fenômeno do inverno nuclear, novos cenários e previsões estão disponíveis na internet. Basta fazer uma pesquisa. Não listei tudo aqui porque a conclusão geral é a mesma do trabalho original realizado na década de 1980.

48 Mais detalhes sobre um **hipotético ataque terrorista à cidade de Nova York** podem ser encontrados no site www.atomicarchive.com, enquanto o site www.carolmoore.net é uma fonte valiosíssima de material sobre diversos cenários nucleares, inclusive o cenário Israel-Irã descrito aqui.

Para mais detalhes a respeito dos paradoxos da segurança nuclear, o seguinte livro é praticamente imbatível: Leslie, J. *The End of the World* (Londres: Routledge, 1996).

Esgotamento: o fim do suprimento global de petróleo

Existem quase tantos livros, artigos, vídeos e outros tipos de material sobre o problema do pico do petróleo e o iminente "fim do petróleo" quanto

pessoas com uma opinião a respeito do assunto. Assim, a lista de fontes a seguir é apenas a pequena ponta de um gigantesco iceberg, mas é uma ponta que me pareceu útil para a compilação das histórias aqui apresentadas, e cada item contém diversas referências extras para o leitor interessado em se aprofundar na questão.

Uma exposição excelente, embora um tanto exagerada, do que podemos esperar em relação ao fim do petróleo é o livro: Kunstler, J. *The Long Emergency* (Nova York: Atlantic Monthly Press, 2005). Esse livro baseado em pesquisas parte da questão do pico do petróleo para detalhar os inúmeros colapsos de infraestruturas e mudanças no estilo de vida que podem decorrer dessa crise. Recomendo-o veementemente para todo mundo que quiser um livro definitivo sobre o fim da era do petróleo e como a humanidade sobreviverá a isso.

Aqui vão outras obras que exploram o mesmo assunto:

Goodstein, D. *Out of Gas* (Nova York: Norton, 2004).

Middleton, P. *The End of Oil* (Londres: Constable and Robinson, 2007).

Strahan, D. *The Last Oil Shock* (Londres: John Murray, 2007).

Um panorama geral do fim não só do petróleo mas de diversas outras commodities é fornecido em: Heinberg, R. *Peak Everything* (Forest Row, Reino Unido: Clairview Books, 2007).

Uma visão muito boa em relação a todo o contexto do pico do petróleo em formato de perguntas e respostas é: “Life After the Oil Crash”, www.salagram.net/oil-in-crisis.htm.

O seguinte livro conta a história da famosa previsão de Hubbert em 1956 sobre o momento do pico do petróleo americano, além de abordar a situação global atual: Deffeyes, K. *Hubbert’s Peak* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2001).

É de doer: uma pandemia global

A peste foi um dos romances mais influentes de Camus e quase certamente contribuiu muito para seu Prêmio Nobel de literatura, em 1957. Foi reeditado tantas vezes que não me darei o trabalho de listar o livro aqui. Mas dois relatos ficcionais mais recentes do que poderia acontecer se patógenos desconhecidos ficarem à solta valem uma leitura. São eles:

Preston, R. *O evento Cobra* (Rio de Janeiro: Rocco, 2002).

Ouellette, P. *The Third Pandemic* (Nova York: Pocket Books, 1997).

A internet está cheia de relatos de pandemias e pestes. Um que achei extremamente útil é de um curso da Universidade de Hartford: History of Epidemics and Plagues (http://uhavax.hartford.edu/bugl/histepi.htm).

Um “quadro geral” excepcional sobre epidemias está disponível no site do Wellcome Trust no Reino Unido: www.wellcome.ac.uk/bigpicture/epidemics. Materiais desse documento

serviram de base para diversas das histórias narradas nesse capítulo.

49 **Nathan Wolfe e seus colegas** argumentaram que as grandes doenças dos humanos produtores de alimentos são de origem relativamente recente, tendo se originado somente nos últimos 11 mil anos. Seu argumento é apresentado em: Wolfe, N., Dunavan, C. e Diamond, J. "Origins of Major Human Infectious Diseases". *Nature, 447* (17 de maio de 2007), pp. 279–283.

50 **A história da febre Ebola** é contada no best-seller: Preston, R. *Zona quente* (Rio de Janeiro: Rocco).

51 Um relato completo das **três leis das epidemias de Gladwell** se encontra em seu livro popular agradabilíssimo: Gladwell, M. *O ponto da virada* (Rio de Janeiro: Sextante, 2009).

52 A **triste história de Mary Tifoide** está disponível em dezenas de sites. O verbete da Wikipedia sob "Mary Mallon" é um bom ponto de partida.

53 Uma discussão detalhada da ameaça representada pela **gripe aviária** é fornecida por Mike Davis em seu livro: Davis, M. *O monstro bate à nossa porta* (Rio de Janeiro: Record, 2006).

54 O trabalho descrito no texto usando o **World of Warcraft** como mundo virtual para estudar a propagação de epidemias foi publicado como: Lofgren, E. e N. Fefferman. "The Untapped Potential of Virtual Game Worlds to Shed Light on Real World Epidemics". *The Lancet. Infectious Diseases, 7,* no 9 (setembro de 2007), pp. 625–629.

Outro mundo da internet que vem sendo usado para o mesmo tipo de trabalho é o jogo "Where's George?", em que os jogadores rastreiam o movimento de notas de dólar ao percorrerem o mundo. Um relato desse trabalho é fornecido no Science Blog: "Web Game Provides Breakthrough in Predicting Spread of Epidemics", www.scienceblog.com/cms.

No escuro e com sede: falta de energia elétrica e de água potável

Dentre os vários volumes populares e semipopulares sobre a rede elétrica, dois que achei especialmente esclarecedores e úteis são:

Makansi, J. *Lights Out* (Nova York: Wiley, 2007).

Schewe, P. *The Grid* (Washington, D.C.: Joseph Henry Press, 2007).

Os dois livros fornecem um relato vívido da história do desenvolvimento da rede elétrica, o maior investimento industrial da história, e possivelmente o maior feito de engenharia também. Ambos descrevem não apenas a história fascinante da rede, mas também suas muitas vulnerabilidades e as consequências para a vida diária de ignorá-las.

Uma boa discussão de como a rede elétrica precisa ser mudada para atender às necessidades da sociedade nas próximas décadas é fornecida em: Gellings, C. e Yeager, K. "Transforming the Electric Infrastructure".

Physics Today, 57 (dezembro de 2004), p. 45.

Existem numerosos relatos detalhados na internet dos diferentes blecautes mencionados no texto, de modo que não os citarei aqui. Mas, por estar ainda acontecendo e ameaçar a economia de um país inteiro, vale a pena citar algumas referências à situação na África do Sul: Mnyanda, L. e Theunissen, G. "Rand Sinks as South African Electricity Grid Fails". *Bloomberg.com,* 11 de fevereiro de 2008.

O leitor também deve consultar os artigos no *International Herald Tribune* publicados em 30–31 de janeiro de 2008.

Duas referências bem úteis à crise da escassez de água são os volumes: Pearce, F. *When the Rivers Run Dry* (Londres: Eden Project Books, 2006); e Clarke, R. e King, J. *The Atlas of Water* (Londres: Earthscan Books, 2004).

Uma questão importante é ver a escassez de água iminente de forma racional, de modo a suprir as necessidades futuras de água potável. Essa questão é abordada sem rodeios no artigo: Smil, V. "Water News: Bad, Good and Virtual". *American Scientist* setembro-outubro de 2008, pp. 399–407.

Para um conjunto de gráficos esclarecedores exibindo a situação da escassez de água, ver a postagem "Drought" (www.solcomehouse.com/drought.htm).

55 A história da **falta de água no Reino Unido** causada, paradoxalmente, pela enorme enchente de 2007 é narrada em: Elliott, V. "Looting, Panic Buying — and a Water Shortage". *Times Online,* 23 de julho de 2007 (http://www.timesonline.co.uk/tol/news/uk/article2120922.ece).

56 O **professor Tony Allan** recebeu o Stockholm Water Prize em 2008, um prestigioso prêmio da Stockholm Water Foundation, por atividades e pesquisas excepcionais ligadas à água. Uma explicação do conceito de água virtual é dada no anúncio desse prêmio pelo Stockholm International Water Institute em www.siwi.org/sa/node.asp? node=25.

Tecnologia fora de controle: robôs inteligentes sobrepujam a humanidade

57 Para a citação de **Gordon Moore** que abre o capítulo, ver o verbete da Wikipedia sob "Moore's Law": http://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law.

58 A obra definitiva delineando todos os aspectos do **problema da singularidade** é o volume: Kurzweil, R. *The Singularity Is Near* (Nova York: Penguin, 2005).

Um livro ligeiramente anterior do escritor de ficção científica Damien Broderick, que chama a singularidade de "Spike" ("Ferrão"), explorando o mesmo território mas com uma perspectiva mais social, é: Broderick, D. *The Spike* (Nova York: TOR Books, 2001).

O ponto de partida de toda a ideia de singularidade tecnológica é o seguinte artigo

de 1993 do matemático e escritor de ficção científica Vernor Vinge: Vinge, V. "The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era". Artigo apresentado no VISION-21 Symposium, NASA Lewis Research Center, 30–31 de março de 1993. (Ver também uma versão revisada do artigo na edição do inverno de 1993 de *Whole Earth Review*.)

59 O guru do **movimento da nanotecnologia** é o físico K. Eric Drexler, que apresentou sua visão do futuro nas seguintes obras:

Drexler, K. E. *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology* (Nova York: Doubleday, 1986).

Drexler, K. E. *Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation* (Nova York: Wiley, 1992).

60 Um relato fascinante de por que o **cenário da "gosma cinzenta"** para o fim do mundo é extremamente improvável é dado no artigo: Freitas, R. "Some Limits to Global Ecophagy by Biovorous Nanoreplicators, with Public Policy Recommendations". *The Foresight Institute,* 1991 (www.foresight.org/nano/Ecophagy.htm).

61 Um relato interessante de **como a IA impacta a situação de risco global** é apresentado no capítulo: Yudkovsky, E. "Artificial Intelligence as a Positive and Negative Factor in Global Risk". Em *Global Catastrophic Risk,* orgs. N. Bostrom e M. Cirkovic (Oxford: Oxford University Press, 2008), pp. 308–346.

62 As **três leis da robótica de Asimov** são apresentadas, junto com a quarta lei discutida no texto e uma discussão detalhada de toda a questão dos robôs inteligentes, no artigo: Branwyn, G. "Robot's Rules of Order" (http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=101738).

Outra discussão bem detalhada do tema é dada por Roger Clarke no site http://www.rogerclarke.com/SOS/Asimov.html.

63 O alerta de Bill Joy delineando os perigos do **problema das três tecnologias** encontra-se em: Joy, W. "Why the Future Doesn't Need Us". *Wired,* abril de 2000.

A grande crise: deflação global e o colapso dos mercados financeiros mundiais

As prateleiras das livrarias estão sobrecarregadas de vários tipos de volumes tentando descrever a Grande Recessão de 2007-08 e como o destino econômico do mundo deverá se desenrolar nas décadas vindouras. O estranho é que é difícil encontrar um único desses livros eruditos e/ou populares que chegue a mencionar a deflação como uma candidata ao perfil econômico do futuro próximo. Os argumentos aqui apresentados parecem essencialmente ignorados pelos experts em economia, o que, dado seu péssimo histórico em prever o que realmente acontece, se afigura uma boa razão para examinarmos de perto o cenário

deflacionário. O único volume que tenho em mãos que chega a abordar essa possibilidade bem real é o de Nouriel Roubini e Stephen Mihm. Dado que Roubini alcançou uma posição quase mítica em alguns meios por sua previsão da Grande Recessão, seu tratamento sério da deflação como uma candidata viável para a economia global iminente deve, na minha opinião, ser levado realmente muito a sério. A referência completa é: Roubini, N. e S. Mihm. *A economia das crises* (Rio de Janeiro: Intrínseca, 2010).

64 O **cenário de Damon Vickers** do grande colapso se encontra no seu interessante e assustador livro: Vickers, D. *The Day After the Dollar Crashes* (Nova York: Wiley, 2011).

65 O **artigo de Seabright** sobre as estruturas implementadas para supostamente proteger a economia de outra crise como a dos anos 1930 está disponível em: Seabright, P. "The Imaginot Line". *Foreign Policy,* janeiro–fevereiro de 2011.

66 A citação atribuída a **Robert Lucas** sobre os economistas tendo solucionado o problema da Grande Depressão está no artigo absolutamente fantástico de Paul Krugman abordando a questão de como a economia acadêmica se desencaminhou tanto: Krugman, P. "How Did Economists Get It So Wrong?" *The New York Times Magazine*, 2 de setembro de 2009 (http://www.nytimes.com/2009/09/06/magazine/06Economic-t.html?page-wanted=all).

O material mencionado na abertura do texto sobre o **início da crise financeira** inclui:

Samuelson, R. "Rethinking the Great Recession". *The Wilson Quarterly,* inverno de 2011, pp. 16–24.

Krugman, P. "A Crisis of Faith". *The New York Times,* 15 de fevereiro de 2008.

Thompson, D. e Indiviglio, D. "5 Doomsday Scenarios for the U.S. Economy", *The Atlantic*, 2 de setembro de 2010.

67 A citação de **Steve Hochberg** sobre deflação apareceu em *Elliott Wave Short-Term Financial Forecast*, Elliott Wave International, Gainesville, GA, 8 de setembro de 2011.

68 Duas excelentes **explicações da deflação** para os não iniciados são:

Hendrickson, M. "Demystifying Deflation". *American Thinker*, 12 de outubro de 2010 (www.american-thinker.com/archived-articles/2010/10/demystifying_deflation.html).

A Visual Guide to Deflation (www.mint.com/blog/wp-content/uploads/2009/04/visualguidetodeflation).

69 O **estado de espírito social de uma sociedade** é um fator importante que

condiciona os tipos de eventos sociais esperáveis. Esse ponto é aprofundado em: Casti, J. *Mood Matters: From Rising Skirt Lengths to the Collapse of World Powers* (Nova York: Copernicus, 2010).

70 A triste **experiência japonesa** de viver num ambiente deflacionário é relatada nos seguintes artigos:

Fackler, M. "Japan Goes from Dynamic to Disheartened". *The New York Times*, 16 de outubro de 2010.

Suess, F. "2010 And Beyond—Deflation, Japanese Style". *The Daily Bell*, 16 de janeiro de 2010 (www.thedailybell.com).

71 A citação de **Richard Koo sobre a deflação japonesa** é extraída de seu fantástico livro descrevendo o processo inteiro: Koo, R. *The Holy Grail of Macroeconomics: Lessons from Japan's Great Recession* (Nova York: Wiley, 2009).

Parte III: Eventos X revisitados

72 O trabalho de Stephen Carpenter e seu grupo da Universidade de Wisconsin de **identificação dos sinais de alerta precoces de colapso do ecossistema do lago** é descrito em:

Keim, B. "Scientists Seek Warning Signals for Catastrophic Tipping Points". *The New York Times,* 2 de setembro de 2009.

Sterling, T. "Scientists Detect Early Warning of Ecosystem Collapse in Wisconsin". *The Cutting Edge,* 2 de maio de 2011 (http://www.thecuttingedgenews.com/index.php?article=51948&pageid=28&pagename=Sci-Tech).

A citação definitiva da história completa é: S. R. Carpenter *et al.* "Early Warnings of Regime Shifts: A Whole-Ecosystem Experiment". *Science,* 28 de abril de 2011.

Outros trabalhos recentes cobrindo um escopo ainda maior de questões em torno dos sinais de alerta precoces, incluindo a área da mudança climática, são:

Dakos, V. *Expecting the Unexpected.* Tese, Universidade de Wageningen, Wageningen, Holanda, 2011.

Dakos, V. *et al.* "Slowing Down as an Early Warning Signal for Abrupt Climate Change". *Proceedings of the National Academy of Sciences, 105* (23 de setembro de 2008), pp. 14308–14312.

73 Um relato de leigo de algumas das **abordagens baseadas em sistemas dinâmicos** para a previsão de eventos X é apresentado em: Fisher, L. *Crashes, Crises, and Calamities* (Nova York: Basic Books, 2011).

74 **Ferramentas computadorizadas para analisar** perguntas de simulação do tipo"E se…?" em busca de sinais de alerta precoces de grandes eventos

futuros são tratadas em:
Casti, J. *Would-Be Worlds* (Nova York: Wiley, 1997).
Epstein, J. *Generative Social Science* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2006).
Ehrentreich, N. *Agent-Based Modeling* (Heidelberg: Springer, 2008).
Gilbert, N. *Agent-Based Models* (Los Angeles: Sage Publications, 2008).

75 Os **cenários da China** e respostas do modelo de simulação da rede de comércio global às perguntas levantadas pelos cenários são discutidos no seguinte volume, que é o relatório final para o projeto Game Changers, realizado pelo autor e colegas para um consórcio de órgãos governamentais e empresas privadas finlandeses e escoceses em 2010-11. A citação é: Casti, J. *et al. Extreme Events* (Helsinque: Taloustieto Oy, 2011).

76 O **destino do Air France 447** citado no texto segue o relato apresentado em: Schlangenstein, M. e Credeur, M. "Air France Crew May Have Faced Baffling Data". *Bloomberg News,* 28 de maio de 2011.

77 O **relato de Bookstaber da lacuna de complexidade** entre a SEC e os mercados financeiros se encontra no acessível e interessante livro: Bookstaber, R. *A Demon of Our Own Design* (Nova York: Wiley, 2007).

78 A ideia de **"cegueira deliberada"** como um tema focal de por que os humanos têm tamanha predileção por ações claramente contrárias aos seus melhores interesses é bem oportuna nos dias de hoje. O livro de Margeret Heffernan mostra esse fenômeno em cada aspecto da vida, variando do investimento em esquemas de Ponzi ("pirâmides") à guerra no Iraque: Heffernan, M. *Willful Blindness* (Nova York: Doubleday, 2011).

79 O **argumento de Stiglitz** sobre a lacuna de complexidade crescente entre ricos e pobres na vida americana se encontra em: Stiglitz, J. "Of the 1%, By the 1%, For the 1%," *Vanity Fair,* maio de 2011.

80 **Mitos de desastres como um condicionador** de como o público em geral reagirá a eventos X são explorados no artigo: Schoch-Spana, M. "Public Responses to Extreme Events — Top 5 Disaster Myths". *Resources for the Future,* 5 de outubro de 2005 (http://www.rff.org/rff/Events/upload/20180_1.pdf).

81 A ideia de que **é preciso um evento X para abalar um sistema** e assim eliminar a lacuna de complexidade é explorada implicitamente no seguinte artigo sobre o Japão e o terremoto de março de 2011: Pesek, W. "Roubini Earthquake Gloom Meet 'Shock Doctrine'". *Bloomberg News,* 13 de março de 2011 (http://www.bloomberg.com/news/2011-03-13/roubini-earthquake-gloom-meets-shock-doctrine-william-

pesek.html).

Sobre o autor

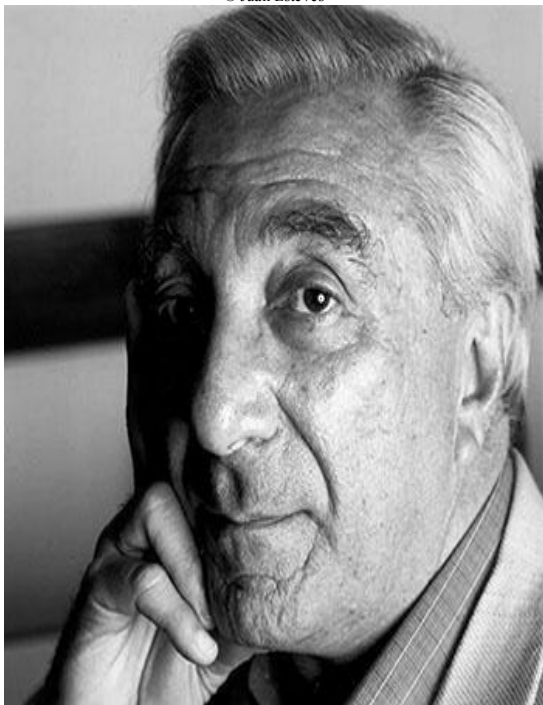
© Juan Esteves

Nascido nos Estados Unidos, o matemático JOHN CASTI, ph.D., especializou-se nos estudos das teorias dos sistemas e da complexidade. Ele é um dos fundadores do X-Center, uma instituição de pesquisa com sede em Viena que analisa eventos extremos causados pelo homem e como prever sua ocorrência. Além de ter trabalhado por muitos anos para o Santa Fe Institute e a Rand Corporation, fez parte do corpo docente das universidades de Princeton, do Arizona e de Nova York. Atualmente, Casti mora em Viena, na Áustria.

Table of Contents

Sumário